UNTERSUCHUNGEN ÜBER GIPS VON DR. RICHARD MÜLLER

Richard Müller




GREAT
IS
THE
GIFT
THAT
BRINGETH
KNOWLEDGE
NON EST MORTVVS QVI SCIENTIAM VIVIFICAVIT
THE JOHN CRERAR
LIBRARY CHICAGO.
1894
Digitized by Google

Untersuchungen über Gips

von

Dr. Richard Müller.



1904

Verlag: Tonindustrie-Zeitung, Berlin NW. 5.

Untersuchungen über Gips.

Einleitung.

Am 10. August 1901 stürzte das Gewölbe der neu erbauten Kirche in H. in Bayern ein. Dieses Gewölbe war in Rabitzkonstruktion ausgeführt worden, also aus Drahtgeflecht mit einem Gipsbewurf. Obwohl nun vermutlich das zu frühe Abschneiden der Schlingen des Drahtgeflechtes die direkte Ursache des Zusammensturzes war, so lag doch gleichzeitig die Vermutung noch vor, daß auch die falsche Zusammensetzung des Bewurfsmörtels die Katastrophe beschleunigt ev. später auch nicht aufgehalten hätte.

Aus diesem Grunde wurde Herr Professor Dr. G. Schultz von seiten der Bauverwaltung ersucht, den Bewurfmörtel zu untersuchen.

Die Analyse ergab, daß die Mörtelmasse nicht wie es eine gute Rabitzkonstruktion namentlich für Gewölbe erfordert, allein aus Gips, Leim und Kälberhaaren zusammengesetzt war, sondern etwa 75 Teile Sand, 9 Teile Gips und 6—7 Teile Kalk, außerdem noch Kohlensäure, Wasser und geringe Mengen von Tonerde und Eisenoxyd enthielt.

Naturgemäß besaß ein derartiger Mörtel nur ganz geringe Festigkeit, sodaß er bei der geringsten Beanspruchung zerfiel.

Derartige Vorkommnisse im Baugewerbe sind heute nicht selten. Die Gründe für die nicht sachgemäße Handhabung bei der Zusammenstellung der verschiedenen Mörtel liegen nun teils im Unverstand, Leichtsinn und Fahrlässigkeit, teils aber auch darin, daß man trotz einer sehr umfangreichen Literatur über die Ausgangsmaterialien doch noch in vielen Punkten über die Natur der gerade in der Praxis verwendeten Mörtelmischungen im Unklaren ist.

Herr Professor Dr. G. Schultz veranlaßte mich daher, diese Frage, soweit sie auf den Gips Bezug hat, in Angriff zu nehmen und einige Beiträge, sowohl zur Kenntnis des Gipses selbst, als auch der daraus erhaltenen Mörtelmischungen, im wesentlichen mit Kalk und Sandzusätzen zu liefern.

Bisherige Kenntnisse über Gips.

Wie bereits bemerkt, ist die Literatur über Gips eine sehr zahlreiche. Insbesondere ist über das merkwürdige Verhalten des entwässerten Gipses zur Wasseraufnahme viel geschrieben worden. Am meisten

bekannt sind die Eigenschaften des teilweise entwässerten (Halbhydrates), weniger die des sog. totgebrannten und Estrichgipses. Schon in Bezug auf die Wasserabgabe herrschen die verschiedensten Ansichten. Ich füge hier bei, daß im Folgenden unter $Ca SO_4$ a das Halbhydrat, unter $CaSO_4$ b der bei niedriger Temperatur (etwa 200 °) ganz entwässerte sog. totgebrannte Gips, unter $CaSO_4$ c der bei hoher Temperatur (nach Angaben der Fachleute bei 800 bis 900 °) geglühte Gips zu verstehen ist.

$Ca SO_4$ a wird nach Zeidler, Dinglers Polyt. Journal, 180, S. 471, bei 90 bis 100 ° erhalten; nach Millon, Annales de Chimie et de Physique, Jahrgang 92, S. 110, bei 80—85 °; Plessy, Compt. rend. 24 S. 658, bei 110—115 °; van't Hoff, „Gips, Zinn und Stahl", bei 107 °. Die Modifikation $Ca SO_4$ b bildet sich nach Zeidler s. o. bei 150—170 °, Millon s. o. bei 200—300 °, Guenning, Chem. Zentralbl. 1871, S. 148 „künstlich gefällter Gips gibt bei 100 ° sein Wasser ab und zwar in 40 Stunden"; Dr. Senft, Notizblatt des Deutschen Vereins für Ziegelfabrikation, 1878, S. 236, „Gips verliert schon der Sonne ausgesetzt sein Wasser, wird anhydritartig und unbrauchbar, erlangt aber seine Fähigkeiten wieder durch längeres Lagern"; Graham „Verlust sämtlichen Wassers bei 204 °"; Mitscherlich bei 160 °; Roscoe-Schorlemmer 100 °; Dr. Paul Rohland, Tonindustrie-Zeitung Jahrgang 1903, gibt an, daß von 130 ° ab Gips in die anhydritartige, totgebrannte Modifikation übergeht. Aus seinen Versuchen hat er bei längerem gesteigertem Erhitzen des Bihydrates 5 Modifikationen des $CaSO_4$ gefunden und zwar von

0—107 ° $Ca SO_4$ 2 H_2O;
107—130 ° „ $^1/_2$ „
130—525 ° „ a anhydritartig, tot gebrannt, nicht oder erst nach längerem Lagern hydratisierbar;
525—600 ° „ b Estrichgips, hydratisch;
600 ° „ c anhydritartig, nicht hydratisch;

Siehe auch: Schott, Dinglers Polyt. Journal Band 202 S. 255; F. Mac. Caleb, Amerik. Journal of the Chem. Soc. Hinrich stellt dagegen (Zeitschrift Phys. Chem. 1902 S. 746) die Behauptung auf, daß Gips über 100 ° erhitzt anfange sich zu zersetzen.

Bezüglich der Wasseraufnahme sagt Potilizin, Journal de la Société physique - chimique russe, ann. 27 S. 265, „gebrannter Gips besteht aus 2 Modifikationen α u. β" die α Modifikation geht beim Vermischen mit H_2O zunächst in das $^1/_2$ Hydrat 2 $CaSO_4H_2O$ über, das teilweise sofort eine gesättigte Lösung bildet, während die β Modifikation wasserfrei bleibt. Sodann wird das $^1/_2$ Hydrat unter Wärmeentwicklung zum Dihydrat $Ca SO_4 2H_2O$, das in Form verfilzter Kristalle austritt. Die Ausscheidung des Dihydrates zwischen den noch nicht gelösten Partikelchen des $^1/_2$ Hydrats und der β Modifikation ist die eigentliche Ursache des Erhärtens usw. usw.

Zulkowsky, Tonindustrie-Zeitung 1899, S. 1250, „das Erstarren des gewöhnlichen Gipses beruht auf einem chemischen Vorgang und zwar, daß aus der ursprünglichen Kalkverbindung durch Aufnahme von 2 Molekülen H_2O ein schwerer löslicher Körper (das Kalksalz der Hexahydroxyl-Schwefelsäure) gebildet wird; der durch mäßige Glühhitze gebrannte Gips ist ebenfalls befähigt, Wasser aufzunehmen und zu erhärten, nimmt aber infolge der größeren Dichte nur 1 Molekül H_2O auf unter Bildung der Kalkverbindung der Tetrahydroxyl-Schwefelsäure. Das Wasser spielt in beiden Fällen bei der Erhärtung eine Doppelrolle, indem es zunächst die ursprüngliche, leichter lösliche Kalkverbindung zu lösen sucht, dann mit demselben in chemische Verbindung tritt und einen schwerer löslichen

Körper bildet, der, sich kristallinisch ausscheidend, zu einer kompakten Masse erhärtet."

Rudolf Gottgetreu, Baumaterialienkunde, „das dem $CaSO_4$ beigemengte $CaCO_3$ wird beim Brennen in CaO verwandelt, und indem es eine Temperaturerhöhung veranlaßt, ist es zugleich die Ursache des Festwerdens."

Dr. Koßmann, Tonindustrie-Zeitung 1895, S. 30, „beim Vermischen des entwässerten Gipses mit Wasser, wobei eine teilweise Lösung eintritt, findet eine Wärmeentwicklung statt und damit eine Vergrößerung des Volumens; doch wird in demselben Maße, wie das Hydratwasser dem Sulfat chemisch einverleibt wird, eine Kontraktion erfolgen oder Verringerung des Volumens und Vergrößerung der Dichte, sodaß sich 85,5 Raumteile auf 78,2 zusammengezogen haben (der Grund für das Erhärten)."

Paul Rohland gelangt mit Le Chatelier zu der Ueberzeugung, daß der Vereinigung des gebrannten Gipses mit H_2O eine chemische Reaktion zu Grunde liege (Hydrationsgeschwindigkeit durch positive und negative Katalysatoren beeinflußt).

Die meisten Lehrbücher berichten, daß der vollständig entwässerte Gips (Modifikation b) die Fähigkeit verloren habe, Wasser aufzunehmen und zu erhärten, und nennen daher diesen den totgebrannten Gips.

Dr. Glintzer (Baumaterialienkunde) spricht von einem plastischen Gipsmörtel aus alter Zeit. Zu Buxtehude wurde bei der Renovierung einer Kirche in einer Mörtelfuge Gips plastisch und feucht vorgefunden, wenig entfernt anscheinend derselbe Mörtel, fest und hart. Der Verfasser sucht die Erklärung zu diesem merkwürdigen Verhalten in einem außergewöhnlichen Zustand des Gipses, in einer molekularen Umsetzung durch Wasser. Trotz Glühens behielt der Mörtel seine plastische Form beim Mengen mit Wasser bei.

Schott und J. F. Mac. Caleb verwerfen dagegen die Existenz einer toten Modifikation und gelangen zu der Ansicht, daß sämtliche Gipssorten sich hydratisieren.

Dichte: Nach Stolba ist das spez. Gewicht von $CaSO_4 . 2$ aqua 2,3057, nach Le Royer und Dumas 2,322; nach Till 2,331.

Löslichkeit: Ueber die Löslichkeit des Gipses siehe die sich allerdings sehr widerstreitenden Angaben von Dröze: Bericht der Deutschen Chem. Gesellschaft 1877 S. 330. Marignac und Cossa: Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie, 1873, S. 1044.

Lasseigne, Bischof, Anton, Tipp: Deutsche Industrie-Zeitung, 1868, S. 9. Goldammer: Pharmac. Zentrale, 1873, S. 193 und 376.

Im Gegensatz zu diesen sind Veröffentlichungen über die Verwendung des Gipses als Mörtel und über seine Eigenschaften als solcher recht selten. Erst in neuester Zeit wird dank den Bemühungen des Deutschen Gipsvereins auch diesem Gebiete mehr und mehr Aufmerksamkeit geschenkt. Ueber Gipsmörtel berichtet Rudolf Gottgetreu: Die hohe Festigkeit des Estrichs, seine Dichte weisen ihm einen ersten Platz an bei der Herstellung von Fundamenten und Gewölben, von vielbenützten Böden usw. usw. Eine alte Ruine bei Osterode zeigt an dem dortigen Gipsmörtel eine Festigkeit, die den eingebetteten Quarz- und Granitbrocken gleicht.

Dr. Ziureck (Jahrbuch der Fortschritte der Baugewerbe 1872) über zwei Mörtelproben aus der Marienburg: „Die Gipsmörtel wurden alle als vorzüglich befunden; die Witterung hat in kaum bemerkbarer Weise eingewirkt."

Dr. Seger (Tonindustrie-Zeitung) über Gipsmörtel aus einem mittelalterlichen Bauwerk: „Sowohl die Fugen zwischen den Steinen als auch größere mit diesem Mörtel geputzte Flächen haben sich so gut erhalten, daß die meisten in denselben gegrabenen Ornamente noch unversehrt sind."

Dr. Glintzer (Baumaterialienkunde) über alte Gipsmörtel zu Buxtehude: „Das Material ist beinahe reiner Gips mit zufälligen Beimengungen von Sand, Ziegelstückchen u. s. f. und ist so hart geblieben, daß die Mörtelfugen dem Zahn der Zeit getrotzt haben, während die Ziegelsteine zum Teil bröckelig und tief angefressen waren."

Tonindustrie-Zeitung 1902, S. 121: „Im Harz und in Thüringen sind eine Reihe von Bauten bekannt, in denen Gips als Mörtel und Stein Verwendung fand, und in denen er durch bedeutende Härte sich weit über Kalk erhob."

Ueber Gipsmischungen berichtet Gottgetreu: „Ein Zusatz von 10 v. H. CaO zu Gips schadet nicht, sondern gibt vorzügliche Resultate. Landrin hat Gipsmischungen bis zu 75 v. H. CaO hergestellt und Mörtel von vorzüglichen Eigenschaften erhalten."

	Gebrannter Gips										
	No. 1	No. 2	No. 3I	No. 3II	No. 4	No. 5	Crailsheim-Stuck	Ellrich-Stuck	Windsheim	Kochel	Paris
H_2O . .	7,40	7,60	6,40	7,50	7,10	7,40	6,70	7,35	6,40	7,10	6,20
CaO . .	38,15	37,30	37,60	37,85	38,10	38,05	37,65	37,85	37,30	39,70	41,30
Al_2O_3 Fe_2O_3 .	0,05	0,05	0,30	0,15	0,15	0,35	0,40	Spuren	0,50	0,50	Spuren
MgO . .	Spuren	Spuren	0,65	0,65	0,60	0,80	0,70	0,45	0,70	1,10	0,05
SO_3 . .	54,37	53,90	52,20	53,00	52,70	51,30	52,67	54,05	54,50	48,80	51,65
CO_2 . .	—	—	1,30	—	—	0,20	—	—	—	1,80	0,20
SiO_2 . .	—	1,20	1,70	1,00	1,40	2,10	1,80	0,25	0,70	1,20	0,72
H_2S . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	99,97	100,05	100,05	100,15	100,05	100,20	99,92	99,95	100,10	100,20	100,12
auf $CaSO_4$ umgerechnet	92,43	91,63	88,74	90,10	89,59	87,21	89,54	91,80	92,65	82,96	87,80

Nach Le Périn nimmt die Festigkeit des Gipsmörtels im Verhältnis der inerten Stoffe (Sand, Ton, Kalk) ab; als inerte Stoffe betrachtet er auch Beimengungen von Rohgips und vollständig entwässertem Gips zu Stuckgips.

Die kurzen Veröffentlichungen der Berliner techn. Versuchsanstalten (Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 1877, S. 122; Mitteilungen, Jahrgang 1888, Heft 1, S. 61 und 62) und Dr. Böhme (Festigkeit der Baumaterialien, Berlin 1876) erstrecken sich auf die Festigkeitsangaben einiger Gipsmörtelproben.

Experimenteller Teil.

a. Analytische Resultate:

Durch die Güte von Herrn Professor Dr. G. Schultz und das liebenswürdige Entgegenkommen von seiten des Deutschen Gipsvereins wurden mir Rohgipsproben und Sorten von gebranntem Gips zur Verfügung gestellt, deren Analysen hier folgen. Die Analysen wurden in üblicher Weise ausgeführt. Zur Untersuchung kamen: Rohgips von Ellrich, Walkenried (a. für Stuck, b. für Estrich), Sperenberg bei Berlin, Windsheim, Fessenbach und Thiengen in Baden, Crailsheim in Württemberg, Paris; Stuckgips aus München von der Firma Simon Walser No. 1 Alabaster, No. 2 Alabaster, No. 3^2 extra Fein, No. 3^1, No. 4, No. 5 Baugips, Crailsheim, Ellrich, Windsheim, Kochel, Paris, Thiengen; von Estrichgips standen mir nur zwei Sorten und zwar aus Ellrich und Crailsheim zur Verfügung.

Den Analysen entsprechend ist der Rohgips aus Fessenbach am reinsten, ihm folgen Ellrich, Windsheim, Crailsheim, Walkenried b und a,

			Natürlicher Gips								
Thiengen	Crailsheim-Estrich	Ellrich-Estrich	Ellrich	Windsheim	Paris	Thiengen	Fessenbach	Sperenberg	Walkenried a	Walkenried b	Crailsheim
6,19	—	—	20,50	20,09	20,49	20,40	19,70	20,51	20,44	20,46	19,70
38,82	40,25	41,95	32,67	32,05	33,08	29,37	32,05	30,26	32,78	32,76	32,06
2,34	1,10	Spuren	0,08	0,53	0,05	1,87	Spuren	2,40	0,04	0,04	0,59
1,15	0,80	0,60	0,11	0,48	0,10	1,20	0,23	1,03	0,10	0,13	0,35
45,06	54,45	57,10	46,50	46,00	45,11	40,52	47,30	45,49	45,40	45,60	45,60
1,95	—	—	0,13	0,34	0,97	1,35	—	—	0,72	0,68	0,14
4,80	1,80	0,40	0,21	0,68	0,33	5,20	1,10	0,13	0,40	0,40	1,91
—	1,60	0.20									
100,31	100,00	100,25	100,20	100,17	100,13	99,91	100,38	99,82	99,88	100,01	100,35
76,60	92,54	97,07									

Sperenberg, Paris und Thiengen. Unter den Stuckgipssorten ist berechnet auf wasserfreies $CaSO_4$ Windsheim an erster Stelle, die weitere Reihenfolge ist No. 1, Ellrich, No. 2, No. 3^2, No. 4, Crailsheim, No. 3^1, Paris, No. 5, Kochel und Thiengen.

b) Erfahrungen bei der Herstellung von gebranntem Gips.

Um die Temperatur festzustellen, bei der Gips, $^3/_4$ seines Wassers verlierend, in die Stuckmodifikation übergeht, habe ich ein sog. Tuluol-

bad verwendet, in dessen mittleren Raum der möglichst gleichmäßig gepulverte Rohgips (Windsheim) verbracht wurde; in diesem wurde ein regelmäßiger Luftstrom unterhalten, die innige Mischung stellte ein Rührwerk her. Der mit Siedeflüssigkeit zu beschickende Mantelraum wurde je nach der verlangten Temperatur mit der entsprechend siedenden Flüssigkeit gefüllt. So bestimmte ich die Temperatur bei der $CaSO_4$. 2 aqua zu $CaSO_4$. $^1/_2$ aqua wird zu 87—90 °. (Wurde dagegen das Absaugen des Wasserdampfes unterlassen, so trat die Hemihydratbildung erst bei 110 bis 130 ° ein, die in der Technik gebräuchliche Temperatur.) Von 90 ° aufwärts konnte ich bis zu 130 ° keine weitere Abgabe von Wasser verzeichnen; das letzte Viertel entwich erst langsam beim Steigern auf 150 °. Bei dieser Temperatur vollständig entwässerter Gips besaß noch ganz die Eigenschaften des Stucks, selbst nach einem zwölf Stunden langen Erhitzen. Wurde jedoch die Temperatur über 160 ° erhöht, so trat die Bildung von $CaSO_4$ b ein, d. h. der Gips band nunmehr bloß langsam und ohne Wärmeentwicklung Wasser, zeigte also bereits gewisse Eigenschaften des Estrichgipses. Die weitere Erwärmung, die bis 300 ° im Toluolbad und von dort ab im Gebläseofen bis zu 900 ° fortgesetzt wurde, schien zu einer Verdichtung, Sinterung der Masse verwendet zu werden (es erhöhte sich dabei die Dichte von 2,75 auf 2,98, die des Anhydrits); zugleich trat eine mit der Steigerung der Hitze zunehmende Zersetzung und Reduktion ein. Diese Reduktion, durch die Diffusion der Brenngase in die Muffel beschleunigt, war dann so stark, daß Rohgips, der bei 900 ° 3 Stunden geglüht wurde, bereits 8,3 v. H. CaS und 5,5 v. H. CaO enthielt. Höhere Temperaturen standen mir nicht zur Verfügung; auch scheint mir eine weitere Zufuhr von Wärme, da von 700 ° ab keine Zunahme der Dichte mehr stattfand, zwecklos. Zum Schmelzen konnte ich Gips nicht bringen.

c) Verhältnisse beim Abbinden von Gips.

Die Reaktionen, die sich bei der Wiedervereinigung des gebrannten Gipses mit Wasser abspielen, habe ich thermisch und räumlich bestimmt, zusammen mit der Feststellung der Löslichkeit im Wasser.

Zur Erläuterung der thermischen Vorgänge beim Abbinden habe ich das nach dem Original wenig abgeänderte Bunsen'sche Eiskalorimeter verwendet (Bild 1). Bekanntlich beruht die Anwendung dieses Apparates auf der Tatsache, daß das Wasser im gefrorenen Zustande einen größeren Raum einnimmt als das flüssige. Zu diesem Zwecke ist der Raum K zwischen der Glasröhre Y und dem an sie angeschmolzenen Mantel M mit sorgfältig entlüftetem Wasser angefüllt; den Abschluß nach hinten bildet Quecksilber, das sich durch die senkrechte Röhre J bis zur kalibrierten Meßröhre R durchzieht. Der Wulst L ist zur Dichtung des dortigen Schliffes vorhanden; der Doppelweghahn D dient dazu, im Bedarfsfalle sowohl die Röhre J als auch R von N aus mit Quecksilber zu versorgen. Beim Gebrauch wird um J durch ein hier nicht näher zu erörterndes Verfahren ein dicker Eismantel gebildet, der jedoch in K noch genügend flüssiges Wasser übrig läßt. Wird nun in den von J gebildeten Hohlraum ein warmer Körper gebracht, so schmilzt ein Teil des Eismantels ab, der Druck verringert sich, der Quecksilberfaden der Röhre R geht zurück und gibt damit ein Maß zur Beurteilung der Größe der in Y befindlichen Wärmemenge. Damit der Apparat vor Einwirkung von Wärmestrahlen möglichst geschützt ist, befindet er sich in einem Doppelgefäße, dessen innerster Raum O mit gefrorenem reinen Wasser gefüllt ist, während der äußere P gewöhnliches Eis enthält.

Um nun im Hohlraum J den Gips zum Abbinden zu bringen, wurde in diesen etwas Wasser gebracht und die in größerem Maßstabe gezeichnete, den abgewogenen Gips enthaltende Röhre Q eingesetzt, sobald deren Temperatur 0^0 betrug. Sobald nach dem Einbringen das Kalorimeter wieder normalen Gang zeigte, wurde der Quetschhahn a geöffnet, dann drang das Wasser durch das in der Mitte befindliche, mit seitlichen Oeffnungen versehene Röhrchen von verschiedenen Seiten gleichmäßig in den Gips ein (a Quetschhahn, bb Gummistopfen, c Gips, d Glaswolle).

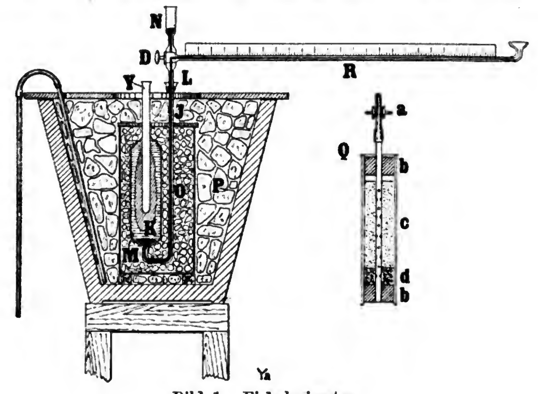


Bild 1. Eiskalorimeter.

Die Daten des verwendeten Kalorimeters waren folgende: v das Volumen eines mm des Kapillarrohres R wurde ermittelt nach der Korrektionsformel

$$v = \frac{1 - \alpha t}{S\,Hg\,T} \cdot g,$$

wo T = 541 die Länge eines Quecksilberfadens bei $t = 17^0$, g = 17,6298 g sein Gewicht, Hg = 13,596 das spezifische Gewicht des Quecksilbers, α = 0,001815 seinen Ausdehnungskoëffizienten bezeichnet; v wurde demnach = 0,00240423 bestimmt; infolge der ungleichen Weite des Rohres ist v von 10 zu 10 cm mit folgenden Mittelwerts-Korrektur-Koëffizienten zu multiplizieren:

0—10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1,003	1,004	1,003	1,001	1,000	0,998	0,995	0,993	0,990	0,987

Ist der Quecksilberfaden beim Versuch um n Teile zurückgegangen, so ergibt sich, da Sw, das spezifische Gewicht des H_2O bei $0^0 = 0{,}999874$, Sg, das spezifische Gewicht des Eises bei $0^0 = 0{,}91674$ bekannt ist, daraus die Menge x des geschmolzenen Eises

$$x = \left(\frac{1}{Sg} - \frac{1}{Sw}\right) . n . v = 0{,}0265095 . n \text{ g}$$

und da die latente Schmelzwärme eines Grammes Eis 80,025 Kalorien beträgt, so ist w die Anzahl der frei gewordenen Kalorien = 2,12142 . n. Leider stand mir Eis aus reinem Wasser nicht zur Verfügung, der Eis-




mantel um Y gefror daher nach und veranlaßte ein stetes Vorrücken des Quecksilberfadens zwischen 2,5 und 3,5 Teilstrichen von 10 zu 10 Minuten.

Versuchsergebnisse:

Gipssorte	Endpunkte der Hg-Säule	Beobachtungs-zeit	Vorgang der Hg-Säule
Alabaster No. 1	697	3 Uhr 3 Min.	3,5
Gewicht = 6,71 g	688,5	3 „ 13 „	
w = 27,0 Kal.	687	3 „ 23 „	
	684,5	3 „ 33 „	
	673	3 „ 53 „	
	663,5	4 „ 03 „	
	654	4 „ 13 „	
	651	4 „ 23 „	
	650	4 „ 33 „	
	650,5	4 „ 43 „	
	652,5	4 „ 53 „	
	653,5	5 „ 3 „	
	657	5 „ 13 „	
Alabaster No. 1	880	9 „ 40 „	3,4
Gewicht = 1,6105 g	879	9 „ 50 „	
w = 26,7 Kal.	880	10 „ — „	
	871,7	10 „ 11 „	
	883	10 „ 20 „	
	885	10 „ 30 „	
	887,5	10 „ 40 „	
	889	10 „ 50 „	
	891	11 „ — „	
	893	11 „ 10 „	
	895,2	11 „ 20 „	
	897,2	11 „ 30 „	
	899,5	11 „ 40 „	
	902,9	11 „ 50 „	
Alabaster No. 1	868,8	4 „ 15 „	2,5
Gewicht = 5.2901 g	864	4 „ 25 „	
w = 27,2 Kal.	862,5	4 „ 35 „	
	861,5	4 „ 45 „	
	859	4 „ 55 „	
	855	5 „ 5 „	
	850	5 „ 14 „	
	842,5	5 „ 25 „	
	837	5 „ 35 „	
	834	5 „ 45 „	
	834	6 „ 5 „	
	835	6 „ 15 „	
	836	6 „ 25 „	
	837	6 „ 35 „	
	838	6 „ 45 „	
	841	6 „ 55 „	
	843,5	7 „ 5 „	

Gipssorte	Endpunkte der Hg-Säule	Beobachtungszeit	Vorgang der Hg-Säule
Alabaster No. 1	901	12 Uhr — Min.	3,5
Spez.-Gewicht 2,74	897,5	12 „ 30 „	
Gewicht = 8,98 g	892,5	12 „ 40 „	
w = 26,4 Kal.	890,5	12 „ 50 „	
	887,5	1 „ — „	
	886	1 „ 10 „	
	883	1 „ 20 „	
	878,5	1 „ 30 „	
	872	1 „ 40 „	
	864	1 „ 50 „	
	859	2 „ — „	
	857	2 „ 10 „	
	856,5	2 „ 20 „	
	857	2 „ 30 „	
	857,8	2 „ 40 „	
	858,	3 „ — „	
	859	3 „ 10 „	
	860,2	3 „ 20 „	
	861,7	3 „ 30 „	
	863	3 „ 40 „	
	864,8	3 „ 50 „	
	866,5	3 „ — „	
	870	4 „ 10 „	
Gips von 180° Glühtemperatur	keine Verschiebung		
Gips von 800° Glühtemperatur	„ „		

Als Mittel aus diesen Versuchen ergibt sich für Stuckgips eine Wärmeabgabe von 26,83 Kalorien; entwässerter Gips, sowohl von 180°, wie auch 800° ist indifferent.

Um das räumliche Verhalten des gebrannten Gipses beim Abbinden klarzustellen, habe ich das im Bilde dargestellte Dilatometer konstruiert.

A ist ein zylindrisches Gefäß, auf das eine nach Figur erblasene Kuppel B aufgeschliffen ist. Das Thermometer T ist in die eine Oeffnung eingeschliffen; an die andere ist ein Doppelweghahn D angesetzt, dessen eine verlängerte Röhre in den Schliff E und von hier aus in die kalibrierte Röhre G sich fortsetzt, während die andere Ausflußröhre F nach unten gebogen ist. Zu G, dem wichtigsten Bestandteile des Apparates, wurde eine Kapillare von etwa 1 mm lichter Weite und 100 cm Länge verwendet. Die Röhre war ähnlich wie die Kapillare des Kalorimeters mit Quecksilber geeicht worden und daraus ergab sich mit geringfügigen Abweichungen pro mm ein Volumen v = 1,086 cmm. Eine Korrektur dieses Wertes konnte vernachlässigt werden. Zu den Versuchen wurde in das Gefäß A eine Menge t der betreffenden Gipssorte eingewogen und in diese ein in Form einer Halbkugel geblasenes Gefäß mit Wasser gestellt, dann wurde die dichte Verbindung mit B hergestellt, das Thermometer in T eingesetzt und mit Quecksilber in C gedichtet. Die mit dem Apparat verbundene Kapillare wurde an ihrer Schliffstelle E ebenfalls mit Quecksilber gedichtet. In der Röhre befand sich ein Quecksilberfaden. Der Apparat wurde dann bei nach F geöffnetem Hahn auf 0° abgekühlt, und erst, wenn im Innern konstante Temperatur, wurde die Verbindung mit G her-

gestellt. Nach anfänglichem geringem Zurückgehen trat Ruhe ein, dann stürzte man durch geeignetes Schütteln das Wassergefäß um und brachte dadurch den Gips zum Abbinden. Die Verschiebung der Kapillare

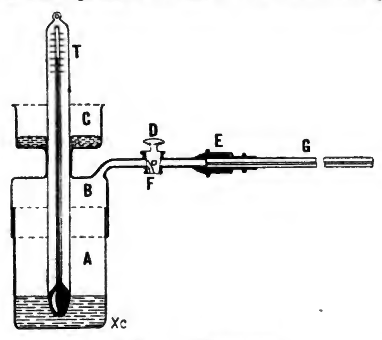


Bild 2. Dilatometer.

um die Strecke s und die angewandte Gipsmenge t, deren spez. Gewicht g bekannt ist, gibt die Volumenänderung des Gipses $v = \frac{s \cdot 1{,}086 \cdot g \cdot 100.}{t}$

Sorte	Menge	Spez. Gewicht	Stand der Kapillare Beginn	Stand der Kapillare Schluß	Zusammen-ziehung
Alabaster No. 1	3,652 g	2,6	744	614	10,275 v. H.
„ No. 1	5,44 „	2,6	630	440	10,05 „ „
„ No. 1	8,00 „	2,6	713	430	10,19 „ „
Ellrich Stuck	3,891 „	2,665	525	388	10,22 „ „
„ Estrich	6,3 „	2,98			
Tot gebrannt	5,79 „	2,749			

Diese Ergebnisse waren für mich überraschend weil die Literaturangaben, mit Ausnahme von Dr. Kosmann, nur von einer Ausdehnung des Gipses zu berichten wissen. Dieser jedoch leitet rechnerisch, wie bereits erwähnt, eine Zusammenziehung des entwässerten Gipses um 8,57 v. H. ab, um seine Theorie der Erhärtung zu begründen. Diese Zusammenziehung betrifft aber nicht die ganze Masse, im Gegenteil dehnt sich diese, wie ich allerdings nur roh bei Alabaster No. 1 bestimmen konnte, um 0,79 v. H. aus; was sich zusammenzieht, sind die einzelnen Gipsteilchen. Ich habe dies festgestellt, indem ich an stelle des Thermometers einen dicht schließenden Rührer einsetzte und vorsichtig die wenig Gips und viel Wasser enthaltende Masse rührte. Die Zusammenziehung war die gleiche geblieben, aber der Gips hatte sich als feines Pulver auf den Boden des Gefäßes gelagert. Die durch die Wärmezunahme erfolgende Ausdehnung der ganzen Breimasse suchte ich zu bestimmen, indem ich in den erwähnten Apparat einen fest verschlossenen Ballon aus dünnem Gummi brachte, der den Gipsbrei enthielt, und, wie vorhin, aus der Verschiebung der Kapillare die Ausdehnung berechnete. Bei der Ungenauigkeit des Versuches mußte ich mich mit einigermaßen zusammenstimmenden Zahlen begnügen; diese ergaben, wie bereits ausge-

geführt, eine Ausdehnung um 0,79 v. H. Dieser Umstand ist für die Technik von Wichtigkeit, bewirkt er doch ein scharfes Eindringen des Gusses in die Rillen, Vertiefungen usw. des Modelles. Vollständig entwässerter Gips zeigte auch hier keine Veränderung. Trotzdem muß beim Abbinden dieses Gipses wohl auch eine Zusammenziehung stattfinden und zwar berechnet sich diese aus dem Molekularvolumen des aus Estrichgips entstehenden Dihydrats, das $\frac{133}{2,98} + 36 = 45,64 + 36 = 81,64$ sein sollte, allein $\frac{136}{2,33} = 93,82$ ist, zu 9,58 v. H.

Bei entwässertem Gips von 180° Brenntemperatur ist das Molekularvolumen $\frac{136}{2,75} + \frac{36}{1} = 85,50$, anstatt 73,82, also findet hier eine Zusammenziehung um 13,7 v. H. statt.

Sogenannter totgebrannter Gips, wie früher angeführt, in der Dichte beträchtlich hinter der des Estrichgipses zurückstehend, liefert auch deshalb ein weniger homogenes Material, weil seine Moleküle beim Abbinden um 4,12 v. H. mehr zusammenschrumpfen.

Die Bestimmungen über die Löslichkeit des Gipses in Wasser habe ich nicht ausgedehnt in Hinsicht auf die angeführte zahlreiche Literatur. Ich fand, daß von natürlichem Anhydrit 0,240 g in 100 g H_2O von 20° sich lösen, von Estrichgips bei erstmaligem Zusammenbringen mit H_2O (da immer infolge der Reduktion gebildetes CaO und CaS vorhanden ist) 0,308 g, nachher nur noch 0,246 g, wie bei rohem Gipsstein und $CaSO_4$ b, während Stuckgips, vom Abbindeprozeß her gern übersättigte Lösungen liefernd, die größte Löslichkeit 0,275 g besitzt.

Diese Beobachtungen im Zusammenhang mit der Tatsache, daß Gips ein Lösungsmaximum bei 35° zeigt, erklären mir das Erhärten des Stuckgipses, wie folgt: Beim Einstreuen des Gipses in Wasser, beispielsweise von 18°, wird sofort ein Teil zum Bihydrat, die Temperatur des Wassers erhöhend (bei Alabaster No. 1 um 20°) und in dem Maße zugleich sich mehr lösend, als sich die Temperatur den erwähnten 35° nähert. Sind diese erreicht, so tritt, da mit der Temperaturzunahme nun Löslichkeitsabnahme erfolgt, eine Ausfällung von Bihydrat ein; dieses bildet das Skelett, um welches sich später gebildetes Bihydrat festsetzen kann. Die schnellste Erhärtung wird also, wenn die Temperaturzufuhr ihr Maximum erreicht hat, erfolgen. Aus diesem läßt sich schließen, daß bei Anwendung von warmem Wasser und Gips das Erhärten am schnellsten statt hat, bei kaltem Wasser und Gips nur sehr langsam erfolgt; Folgerungen, die mit dem Experiment vollständig übereinstimmen.

Ganz anders ist, da weder Wärmeentwicklung noch Raumverschiebung bei $CaSO_4$ b und $CaSO_4$ c sich zeigen, das Abbinden bei diesen. Es ist vielmehr wahrscheinlich, daß dieser Prozeß (die daraus erhaltene Masse erlangt erst nach Monaten ihre Maximalfestigkeit) auf einer langsamen Lösung und Durch-Kristallisation der einzelnen Körperchen beruht (auch die kristallinische Struktur dieser Mörtel spricht dafür). Dabei scheint die eigentümliche Tatsache, daß $CaSO_4$ c schneller als $CaSO_4$ b sich hydratisiert, mit der Anwesenheit von Reduktionsprodukten zusammen zu hängen. Bekanntlich wird bei der Herstellung des verbesserten Scott'schen Mörtels zu CaO eine geringe Menge Gips gesetzt, dann bindet der Kalk merkwürdigerweise ohne Wärmeentwicklung ab und zugleich besitzt der Mörtel hydraulische Eigenschaften, d. h. er erhärtet bedeutend schneller als ein gewöhnlicher Luftmörtel. Es ist nun wahrscheinlich, daß im vorliegenden

Falle dieses CaO, mit dem übrigen Gips innig gemischt, als Scott'scher Mörtel wirkend, die Hydratation des Gemisches beschleunigt und eine raschere, jedoch nur oberflächliche Erhärtung herbeiführt, als dies beim $CaSO_4$ b, der keine Reduktionsprodukte enthält, möglich ist. Es sprechen für diese Annahmen ferner die oben bemerkten Löslichkeitsverhältnisse.

Aus diesem geht hervor, daß wohl jede der 3 Modifikationen zur Wasseraufnahme sich spezifisch verhält, daß aber kein gebrannter Gips existiert, der unfähig wäre, Wasser aufzunehmen und zu erhärten. Vergl. die Untersuchung alter Mörtel. Ueber den Einfluß der Korngröße auf die Schnelligkeit und den Grad des Erhärtens siehe die umfassenden Untersuchungen von Schott.

Da $CaSO_4$ c manche Aehnlichkeit mit natürlichem Anhydrit besitzt, so habe ich auch in dieser Richtung Versuche angestellt in der Meinung, ähnliche Resultate wie bei Estrichgips zu erhalten. Jedoch besteht keine Aehnlichkeit im Verhalten zu Wasser bei diesen beiden. Trotz höchsten Glühens scheint Anhydrit seine rhombische Struktur, $CaSO_4$ c seine als $CaSO_4 . 2$ aqua ursprünglich monokline beizubehalten und damit die für die Wasseraufnahme wichtigsten Faktoren. Stücke, die ich unter gleichen Bedingungen wie den vollständig künstlich entwässerten Gips mit Wasser mischte und ein halbes Jahr aufbewahrte, behielten ihre sandig-lehmige Konsistenz bei. Erst als ich über geglühten Anhydrit, der mit CaO innig gemischt war, im Ofen Wasserdämpfe leitete, konnte ich eine raschere Erhärtung beobachten; ob sich dabei monokliner Gips gebildet hatte oder ob Scott-scher Mörtel entstanden war, konnte ich nicht feststellen.

Mit der Tatsache, daß Anhydrit selbst hoch geglüht keine raschere Wasseraufnahme zeigt als der rohe, scheint die bereits erwähnte Angabe von Glintzer bezgl. eines plastischen Mörtels zusammen zu hängen. Wahrscheinlich war der Gipsstein, aus dem der alte Mörtel gebrannt worden, mit Anhydrit verunreinigt gewesen und dieser hatte trotz der langen Zeit sich nicht hydratisiert, und zwar mag der gewaltige Druck, unter dem dieser Mörtel gestanden, die selbst bei Anhydrit eintretende, wenn auch außerordentlich langsame Wasseraufnahme unmöglich gemacht haben: Eine Umkehrung der von van 't Hoff beobachteten Gesetzmäßigkeit (Sitzungsberichte der königl. preuß. Akademie der Wissenschaften), wonach die Umwandlung von Hydrat in Anhydrit bei größerem Druck auch bei niederer Temperatur erfolge.

d) Abhängigkeit der Eigenschaften des gebrannten Gipses von der Art des Gipssteines.

Verschiedentlich ist die Behauptung aufgestellt worden, es sei für die Güte eines Gipses von Bedeutung, in welcher Struktur der Rohstein auftrete, und zwar soll kristallinischer das beste Material liefern, während dichter und aus Kristallen hergestellter weniger sich eigne. Wenn mir nun von Anfang an diese Auffassung als nicht begründet erschien, denn kristallinischer und dichter Gips ist ja nur in seiner Kristallisation gestörter, so habe ich doch mit den mir zur Verfügung stehenden Rohsorten Versuche angestellt. Durchweg gleich gepulvert und bei gleicher Temperatur und denselben Bedingungen gebrannt, lieferten sie mir nach dem Abbinden Probestücke, deren Eigenschaften nach dem Grad ihrer Reinheit allein sich verhielten. Die Schnelligkeit des Abbindens sowie die nachherige Festigkeit hingen lediglich von dem Prozentsatz der im Rohstein enthaltenen Verunreinigungen ab. So lieferte der Sperenberger Gips, den ich in großen Kristallen erhielt, und der dichte Walkenrieder einen im geraden Verhältnis zu ihrer Reinheit ebenso guten Stuckgips als der durchaus kristallinische, beinahe sandige Pariser Rohgips.

Herstellung und Prüfung von Gipsmörteln.

a) Untersuchungen über alte Mörtel.

Die Verwendung des Gipses zu Mörtel ist uralt. Die Indier, die Babylonier, die Aegypter benutzten Stuckgips, um die Spalten zwischen den Quadern auszugießen. Bei Griechen und Römern war Stuckgips allgemein im Gebrauch, ging jedoch während der Völkerwanderung verloren, trat im 14. Jahrhundert zuerst in Italien wieder auf und gelangte von dort zu uns im Laufe des 17. Jahrhunderts, während der hochgebrannte schon im 8. Jahrhundert zu Bauzwecken in gipsreichen Gegenden Deutschlands allgemein im Gebrauch stand.

Da diese Mörtel für die Beurteilung des heutigen Materials von großem Wert sind, habe ich eine Anzahl von antiken Mörteln aus der Sammlung von Herrn Professor Dr. G. Schultz untersucht und gebe in Folgendem eine kurze Zusammenstellung. Leider konnte ich keine Festigkeitsversuche vornehmen, mußte ich doch befürchten, daß beim Sägen, Schneiden oder Ausmeißeln kleine Risse die Proben durchsetzen möchten und jedes Resultat illusorisch machen würden. Doch konnte ich aus dem äußeren Verhalten mit etlicher Sicherheit auf ihre Festigkeit schließen. Dem Aussehen nach unterschieden sich die aus Stuckgips gefertigten Mörtel sofort von den aus Estrichgips erhaltenen. Erstere hatten das kreidige Aussehen der Gipsfiguren behalten, letztere besaßen kristallinische Struktur; die Hohlräume waren häufig erfüllt von Drusen kleiner Gipszwillinge wie sie in natürlichem Gips auftreten.

1. Stuckmörtel.

A. Aepyptische Mörtel. Durchweg mit Kalkgehalt von verschiedener Zusammensetzung, a—i) aus einem Serapistempel etwa 800 v. Chr.; k) aus dem Tempel zu Babylon in Oberägypten 400 v. Chr.

a) Aus dem Innern, feiner Quarzsand und Kohlenteilchen beigemischt, gelblich-weiße Farbe, dicht und hart, Festigkeit die eines Stuckmörtels.

b) Ausbesserungsmörtel für die Quadern des Kammerbaus im Westen, Quarzsand und Kohlenpartikelchen, Oberfläche grau verkieselt, hart, Inneres gelblich-rosa, weniger fest.

c) Von der untersten Terrasse, ebenfalls Quarzsand und Kohlenteilchen, Tuffstein ähnliches, erdig-graues Aussehen, durchsetzt von gelben Knollen lehmartiger Konsistenz, Festigkeit gering.

e) Altarraum. Quarzsand, rosa-gelbe Farbe, obere Schicht dunkler, sehr dicht, Festigkeit wie a).

d) Von der Ostmauer. Grober Sand, Kieselstücke bis Bohnengröße, die hellgraue, weiche Masse durchsetzend.

f) Vom Säulenunterbau. Quarzsand und Kohlenteilchen, oben dunkelgrau und dicht, innen weich, hell mit geringer Festigkeit.

g) Mörtelguß zwischen Fels und Quadern des angebauten Tempelchors. Kein Sand zu erkennen, hellgrau, gleichmäßig fest und dicht, Festigkeit die eines Stuckgipses.

h) Belagschicht. Oben mit rotem Ocker getüncht, innen mit kleinen Kieseln gemischt, dicht und fest.

i) Bodenbelag. Betonartig mit großen, runden Kieseln, Verbindungsmasse zart-rosa, sehr fest.

k) Graubraun mit viel Kohle und Sand, wenig dicht, geringe Festigkeit.

Stuckmörtel.

	Aegypten									Babylon	Hamburg	Marienburg				Halberstadt	
	A	B	C	D	E	F	G	H	J			A	B	C	D	A	B
H_2O	1,14	20,85	0,92	1,14	1,77	4,03	16,88	1,04	1,08	4,78	14,47	18,15	2,29	19,05	14,69	3,89	4,46
CaO	52,56	33,22	52,08	25,62	51,91	39,17	33,64	37,32	27,40	33,45	33,76	32,51	11,98	30,33	33,82	29,61	29,62
Al_2O_3, Fe_2O_3	1,29	0,77	3,30	7,71	1,34	9,05	3,93	5,13	9,09	5,05	3,25	5,54	2,00	0,67	2,35	1,11	2,77
MgO	0,90	0,24	0,82	5,46	0,48	2,20	0,42	0,31	2,88	1,40	1,48	0,60	0,97	0,45	1,50	0,79	1,19
SO_3	1,75	36,13	2,74	1,13	0,75	1,41	38,08	0,58	0,78	1,90	32,40	34,01	3,40	41,19	32,41	4,47	6,12
CO_2, C (Glühverlust)	38,65	4,90	39,40	14,78	40,63	27,28	4,38	27,79	20,10	25,58	10,16	5,36	5,05	5,34	8,97	20,44	18,85
SiO_2	3,80	4,20	1,02	44,30	3,10	16,77	3,03	28,00	39,00	28,40	4,60	3,97	74,03	3,36	5,95	40,03	37,03
	100,09	100,31	100,28	100,14	99,98	99,91	100,36	100,17	100,33	100,56	100,12	100,14	99,72	100,39	99,69	100,34	100,04

Estrichmörtel.

	Walkenried		Nordhausen		Ellrich	Osterode												
	A	B	A	B		A	B_1	B_2	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
H_2O	20,13	20,05	20,35	18,19	18,18	20,42	19,43	20,53	20,10	20,10	20,70	20,17	20,36	20,01	20,30	19,91	17,96	20,08
CaO	33,05	31,84	32,22	29,90	33,77	33,90	33,75	32,10	32,58	29,81	32,76	31,55	32,46	32,95	32,60	33,06	28,02	31,97
Al_2O_3, Fe_2O_3	0,19	0,13	0,08	0,27	0,50	0,15	0,45	0,05	0,83	0,75	0,07	0,42	0,12	0,23	0,04	0,22	1,45	0,73
MgO	0,34	0,36	Spuren	0,10	0,21	0,13	0,20	0,15	0,43	0,52	0,34	0,81	0,37	0,45	0,25	0,37	0,65	0,05
SO_3	44,80	43,01	46,40	44,93	40,26	45,40	43,35	46,34	45,43	43,50	44,51	46,20	45,10	42,90	46,12	45,80	39,94	43,36
CO_2, C (Glühverlust)	0,26	1,58	0,45	0,05	4,38	0,22	0,95	0,17	0,53	0,14	1,00	0,37	1,20	0,45	0,32	Spuren	0,27	0,30
SiO_2	1,28	3,11	0,77	6,97	3,04	0,08	1,83	0,80	1,05	5,56	0,92	0,78	0,63	3,00	0,41	1,02	11,88	3,73
	100,05	100,08	100,27	100,41	100,34	100,30	99,96	100,14	100,45	100,38	100,30	100,30	100,24	99,99	100,01	100,38	100,17	100,22

B. Stuckgips aus dem Hamburger Dom 1781/5. Verbindungstück zwischen Ziegeln, feiner Seesand und Kalkstückchen, Farbe gelblich-braun, porös, wenig hart und fest.

C. Marienburg. a) Heller Rotstuck aus dem inneren Chor der 1344 erbauten Schloßkirche, Kohlenstückchen und Ziegelpulver, das dem Ganzen einen rosa Ton verleiht, dicht, fest.

b) Dunkler Rotstuck von dem Estrich des sog. Glöcknerhäuschens der St. Anna-Kapelle 1420 erbaut, Quarzsand und viel Ziegelmehl, Festigkeit gering.

c) Graustuck von einem ornamentalen Block aus der Bauzeit 1320 bis 1340, geringe Mengen von Sand und Kieseln, durch gepulverte Holzkohle schön gefärbt, dicht, Festigkeit gut.

d) Aus der Renovierzeit 1820—30, als es galt, c nachzuahmen. Dies ist in geringem Maße gelungen, da die an stelle der Holzkohle verwendete Steinkohle einen harten Ton erzeugte, Dichte und Festigkeit sind gering.

D. Halberstadt. a) Vom Dompropstei-Gebäude 1608—11. Quarzsand. Wenig dicht, Festigkeit sehr gering.

b) Vom Kreuzgange des Liebfrauenstiftes, erbaut Anfang des 13. Jahrhunderts, feiner Quarzsand beigemischt, wenig dicht, geringe Festigkeit.

2. Estrichmörtel.

A. Mörtel aus Osterode am Harz. a) Johanniskirche in Osterode vom Jahr 1449, schmutzig-weiß, linsengroße Stücke von Rohgips.

b) Ruine der Hindenburg bei Bodenhausen im Herzogtum Braunschweig 1152, durch geringe Backstein-Beimengung rot gefärbt, Kohlenteilchen, Stücke von Rohgips.

c) Hindenburg. Durch Kohlenpulver hellgrau gefärbt.

d) Aeußerer Wandputz des Turms der alten Burg zu Osterode. Fein kristallinisches Gefüge, die Oberfläche, die den ornamentalen Schmuck deutlich zeigt, hat kieseliges Aussehen.

e) Ruine Lichtenstein bei Osterode, 1282—1325 erbaut, 1404 zerstört. Wie a).

f) Ruine der Burg Windhausen bei Osterode, 1175 zuerst erwähnt, 1365 renoviert. Erdige Farbe. Tuffartiger Habitus.

g) Ehemaliges Barfüßer- und Karmeliter-Kloster in Osterode, 1510 erbaut. Marmorartiges Aussehen, vereinzelt Rohgips und Kohlenteilchen.

h) Turm der Kirche St. Aegidien zu Osterode, 1574—79 erbaut. Tauben- bis hühnereigroße Kieselstücke, poröses, grobes Gefüge von grauer Farbe.

i) Kirchenruine des ehemaligen Dorfes Möllingerode bei Osterode, 990 zuerst erwähnt, im Bauernkriege zerstört. Aussehen wie a).

k) Ruine eines Wachturms der alten Burg, 1130 zuerst urkundlich erwähnt, 1657 bereits auf einem Oelbilde als Ruine. 3 verschiedene Proben.

l) Alte Mauer der Stadt Osterode, 1234 schon extra muros Hosterode erwähnt. Wie a).

m) Gipsestrich vom Dachboden der Johanniskirche. Aussehen wie a).

B. Walkenried. a) 14. Jahrhundert. Aussehen wie A. a).

b) Recent 1880—85, ohne Beimischung, schön weiße Farbe. Aussehen dem Gipsstein gleichend.

C. Nordhausen. Futtermauer eines alten Kirchhofs. Aussehen wie A. a).

b) Fundament einer alten Mauer. Wohl das festeste Stück der Mörtelproben, sonst Aussehen wie A. a).

D. Ellrich, Stadtmauer. Wie A. a).

Die vorliegenden Stuckgipsmörtel sind meist von geringer Festigkeit, besonders die mit starken Kalk- und Sandzusätzen; die Kalkgipsmischungen haben nie die Festigkeit der reinen Stuckgipsmörtel erreicht, dagegen hat der Kalk dem Ganzen größere Widerstandskraft gegen die Einflüsse der Atmosphäre geliehen. Die Oberfläche einzelner Proben zeigt verkieselten, glasharten Ueberzug, während einige der reinen Stuckgipsmörtel stark angenagt sind. Eine eigentümliche Erscheinung der ägyptischen Probestücke ist, daß sie alle neben Chlornatrium Spuren von Salpetersäure enthalten.

Die Estrichmörtel besassen, wie oben bemerkt, durchweg kristallinische Struktur und bedeutende Festigkeit; nur wenige waren mit etwas Sand, Ziegelmehl u. s. f. gemischt, meistens bestanden sie aus reinem Gips, Die Anwesenheit von Rohgipsstückchen, durch ihre Farbe von der eigentlichen Mörtelmasse kenntlich, rührt von der Fabrikationsweise des Estrichgipses im Mittelalter her. In den alten Gipsbrennereien wurde der Gips in groben Stücken über Brennholz geschichtet und nach dem Abbrennen das Brenngut gröblich zerpocht. Dabei wurde ein Teil zu $CaSO_4$ c, ein anderer zu $CaSO_4$ a gebrannt, ein dritter nicht verändert; wo diese 3 Sorten entstanden waren, mußte sich auch das Uebergangsglied $CaSO_4$ b gebildet haben und wenn eine sog. tote Modifikation existierte, so müßte sie auch in diesen alten Mörteln dadurch kenntlich sein, daß sie, selbst mürb und bröcklig, die Festigkeit der Masse verringert hätte. Da aber das Ganze ein einheitlich festes Gefüge besitzt, auch den normalen Wassergehalt aufweist, so ist klar, daß sowohl $CaSO_4$ a als b und e den Prozeß der Kristallisation durchgemacht haben, was wiederum gegen die Annahme einer totgebrannten Modifikation spricht. Nicht ohne Grund haben die alten Baumeister den Gips rein oder höchstens mit Spuren von Ziegelmehl zum Färben (die Anwesenheit der Kohlenteilchen rührt vom Brand her) verwendet, wahrscheinlich haben schon sie erkannt, daß Gips keine größeren Mengen von inerten Stoffen ertragen kann, ohne von seiner Festigkeit erheblich zu verlieren. Aus diesem Grunde scheint mir auch die Rohland'sche Uebertragung der Eigentümlichkeiten des Portlandzementes falsch gegriffen. (Bei Portlandzement wird eine aktive Masse angenommen, die fein mit der größeren Menge der inaktiven Bestandteile gemischt, die Festigkeit des Mörtels erzeuge.) Rohland glaubt nun dies auf Estrichgips ausdehnen zu können und spricht daher von einem Anhydrit als der eigentlich reaktionsfähigen Substanz gegenüber der überwiegenden Menge der toten inaktiven Modifikation, ohne dabei vergleichende Versuche über Festigkeit der verschiedenen Gipssorten gemacht zu haben. Hätte er diese ausgeführt, so würde er gefunden haben, daß der einzige Unterschied der Festigkeiten von Stuck- und Estrichgips in deren verschiedener Dichte liegt, daß sie sonst denselben Gesetzen gehorchen. Rückschließend hätte er aus der Tatsache, daß Stuckgips keine inaktive Modifikation besitzen kann, auch den Gedanken an eine solche bei Estrichgips verwerfen müssen.

b) Selbstdargestellte Gipsmörtel.

Durch diese Untersuchungen der alten Mörtel geschult, habe ich mit den Prüfungen der angegebenen Gipssorten auf technischen Wert begonnen, und diesem vor allem die Festigkeit gegen Zug- und Druck-Beanspruchung zu Grunde gelegt. Größtenteils habe ich mich dabei an die von Pro-

fessor Dr. Seger und E. Cramer (Tonindustrie-Zeitung, Jahrgang 1901, S. 778) angeregten Methoden gehalten; als zu ungenau überging ich die Feststellung des Litergewichtes. Zwar sind auch die anderen nur rohe Bestimmungen, die auf Genauigkeit keinen Anspruch machen können, doch sind sie von technischem Werte und wurden deshalb beibehalten.

Mahlfeinheit: 100 g Gips werden in einen Siebkasten gebracht, der Siebe von 60, 120 und 900 Maschenweite pro qcm enthält und nach dem Durchtreiben die jeweiligen Rückstände gewogen.

Wasserbedarf: Gips wird solange in eine gewogene Wassermenge eingestreut, bis der Wasserspiegel verschwunden ist. Das Verhältnis von Wasser zu Gips, auf 1000 g Gips umgerechnet ergibt den Wasserbedarf.

Abbindezeit: Der Zeitunterschied zwischen dem Einstreuen des Gipses in Wasser und dem Beginn der Temperaturerhöhung.

Ende des Abbindens: Gleich Ende der Temperaturerhöhung.

Abbindetemperatur: Der durch ein Thermometer bestimmte Unterschied zwischen Anfangs- und Endtemperatur.

Gießzeit: Dazu wird der Gipsbrei alle 30 Sekunden mit dem Glasstabe gestrichen. Der Zeitpunkt, in welchem eine Furche bleibt, ist das Ende der Gießfähigkeit.

Sorten	Spezifisches Gewicht	Mahlfeinheit			Wasserbedarf	Abbindezeit	Gießzeit	Streichzeit	Ende des Abbindens	Abbindetemperatur
		60 v. H.	120 v. H.	900 v. H.	g	Min.	Min.	Min.	Min.	Grad
1		—	—	2	690	7	12	19	36	21,1
2		—	—	3,4	625	5	10	14	36	20,1
3I		—	—	5,2	650	7,5	12	15	39	20,8
3II		—	—	—	625	$3\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	9	27	21,8
4		3,5	0,5	13,7	600	$3\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$	10	32	20,6
5		0,5	1,5	14	510	4	10	14	34	21,2
Crailsheim-Stuck		0,8	1,0	14	610	$3\frac{1}{2}$	$9\frac{1}{2}$	18	$40\frac{1}{2}$	19,1
Ellrich-Stuck		0,2	1,0	17	600	$7\frac{1}{2}$	13	16	45	17,6
Windsheim		1,2	0,8	19	685	$2\frac{1}{2}$	8	12	33	20
Kochel		—	0,4	6	560	4	7	9	27	19
Paris		0,4	1,5	14,2	600	10	19	24	50	17,1
Thiengen		1,1	1,0	17,5	680	3	5	9	22	15
Crailsheim-Estrich		0,6	1,0	17	—	—	—	—	—	—
Ellrich-Estrich		0,2	1,0	17	—	—	—	—	—	—

Streichzeit: Am Rande wird mit einem Messer von 30 zu 30 Sekunden ein dünner Spahn abgeschnitten; solange dieser nicht krümelig oder nicht bröckelig wird, ist der Gips streichbar.

Zugfestigkeit: Wurde mit den bekannten achterförmigen Zugformen von 5 qcm Reißfläche mittels des automatischen Zerreiß-Apparates bestimmt.

Druckfestigkeit: Durch Würfel von 50 qcm Oberfläche, die in einer hydraulischen Presse zerdrückt wurden.

Dichte: a) Die des Probezugkörpers ergibt sich aus dem Gewicht durch 70 dividiert; b) die des Probedruckkörpers durch 355 dividiert.

Die in der beiliegenden Tabelle über die Abbindevorgänge angegebenen Zahlen sind schon deshalb nicht absolut gültig, da die jeweiligen Versuche nicht bei gleicher Außentemperatur ausgeführt werden konnten. Infolgedessen änderte sich (siehe oben) die Schnelligkeit des Abbindens und mußten sämtliche darunter fallende Bestimmungen sich verschieben. Noch mehr mußte dies der Fall sein, da die Bestimmung der zum Abbinden nötigen Wassermenge (des Wasserbedarfs) eine äußerst ungenaue ist.

Anfangs hatte ich nach dem gefundenen Wasserbedarf, wie es Seger und Cramer angeben, den Mörtelbrei hergestellt und daraus die Proben zur Ermittelung der Festigkeit gegossen. Beim Durchgehen der dabei erhaltenen Werte bemerkte ich jedoch, daß ein Vergleich auf dieser Grundlage unmöglich, konnte doch dabei die verschiedene Dichte der Mörtelproben in keinerlei Verhältnis zu einander gesetzt werden, und dann war es durchaus nicht sicher, ob jede Gipssorte mit der Dichte in einem bestimmten Verhältnis die Festigkeit ändere. Ich habe daher meine Versuche so gestaltet, daß bei jeder Sorte verschiedene Mischungen mit Wasser hergestellt wurden, so z. B., indem ich bei Alabastergips No. 1 zuerst 500 g dann, von 50 zu 50 g steigend, bis zu 750 g Wasser verwendete. Daraus erhielt ich Körper von den in den Tabellen angegebenen Dichten, die mit diesen auch ihre Widerstandsfähigkeit gegen Zug- und Druckbeanspruchung veränderten. Sichere Daten konnten bei den Festigkeitsbestimmungen nicht erhalten werden, am wenigsten bei denen des Zugs. Dies wird auch sofort klar, wenn man bedenkt, daß das Material in jeder Schicht etwas anders zusammengesetzt ist und dadurch sich beim Abbinden anders verhält. Auch die geringen Größen der Zug- und Druckproben bringen viele Fehlerquellen mit sich; schon kleine Verletzungen an der Einschnürstelle der Zugstücke, an den Flächen der Druckstücke haben nicht unbedeutende Fehler zur Folge. Dennoch ist beim Ueberblick über die Bedingungen, unter denen sich bei den einzelnen Sorten mit der Dichte auch die Festigkeit ändert, unschwer zu erkennen, daß diese mit zunehmender Dichte im Quadrat wächst, umgekehrt abnimmt (sie wird, wenn man die Festigkeit einer Sorte bei der Dichte $b = a$ kennt, bei einer solchen von v sich berechnen: $v = \frac{a \cdot v^2}{b^2}$). Für viele der vorliegenden Proben stimmt allerdings diese Formel nicht. Das Verhältnis der Zugfestigkeit zur Druckfestigkeit dürfte wohl auch eine konstante Zahl ergeben, jedoch ist es durch die Ungenauigkeit der Methoden ebenso großen Schwankungen unterworfen als die anderen Resultate. Im allgemeinen hält es sich zwischen 5 und 6, jedoch auch zwischen 4 und 7. Ich habe die Angabe dieser Verhältnisse in den beiliegenden Tabellen übergangen, um die mit Zahlen überhäuften nicht noch unübersichtlicher zu machen.

Alabaster No. 1. Simon Walser, München.

Proben	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Druckfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Bemerkungen
2 Tage alt	89,70	1,281	Max. 10,70 Min. 8,67 Mittel 10,08	6	471,00	1,308	Max. 42,40 Min. 36,60 Mittel 39,1	5	
14 Tage alt	78,20	1,117	Max. 21,10 Min. 18,05 Mittel 19,78	6	411,00	1,158	Max. 65,60 Min. 47,00 Mittel 57,60	5	
21 Tage alt	77,12	1,102	Max. 22,25 Min. 19,00 Mittel 19,83	6	398,70	1,123	Max. 96,20 Min. 66,40 Mittel 93,45	5	Druckproben noch feucht
90 Tage alt a)	88,00	1,257	Max. 27,70 Min. 26,20 Mittel 27,59	12	462,40	1,303	Max. 228,80 Min. 120,00 Mittel 159,04	11	
b)	81,20	1,160	Max. 24,25 Min. 21,45 Mittel 21,89	11	417,67	1,177	Max. 161,00 Min. 93,80 Mittel 126,77	6	
c)	78,50	1,121	Max. 22,95 Min. 18,50 Mittel 19,85	10	403,00	1,135	Max. 145,00 Min. 78,00 Mittel 112,00	6	
d)	76,17	1,088	Max. 17,50 Min. 16,25 Mittel 16,91	12	374,25	1,054	Max. 105,00 Min. 76,60 Mittel 93,68	6	d, e und f Zugkörper unregelmässig
e)	74,27	1,061	Max. 15,85 Min. 12,95 Mittel 14,65	11	346,75	0,977	Max. 82,20 Min. 70,00 Mittel 74,84	6	
f)	68,10	0,976	Max. 13,10 Min. 9,00 Mittel 10,70	11	325,00	0,916	Max. 66,20 Min. 41,20 Mittel 54,52	6	

Gips No. 2. Simon Walser, München.

Proben	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Druckfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Bemerkungen
6 Tage alt	87,30	1,261	Max. 11,90 Min. 11,80 Mittel 11,84	6	518,70	1,461	Max. 28,00 Min. 14,40 Mittel 22,13	6	
14 Tage alt	82,20	1,174	Max. 23,80 Min. 20,04 Mittel 22,02	6	475,66	1,340	Max. 82,20 Min. 60,00 Mittel 67,05	6	
28 Tage alt	81,30	1,161	Max. 24,55 Min. 20,15 Mittel 22,82	6	426,00	1,200	Max. 123,40 Min. 60,00 Mittel 98,15	6	
90 Tage alt a)	86,70	1,239	Max. 29,30 Min. 18,80 Mittel 24,26	12	441,25	1,243	Max. 158,20 Min. 90,00 Mittel 134,50	6	
b)	81,25	1,161	Max. 22,30 Min. 15,00 Mittel 18,86	12	415,00	1,169	Max. 120,60 Min. 80,40 Mittel 111,20	6	
c)	77,50	1,107	Max. 18,70 Min. 11,10 Mittel 14,55	12	401,25	1,130	Max. 94,20 Min. 69,60 Mittel 81,57	6	
d)	72,66	1,038	Max. 18,00 Min. 10,00 Mittel 12,06	12	380,00	1,070	Max. 99,20 Min. 69,20 Mittel 86,40	6	
e)	66,83	0,955	Max. 15,70 Min. 7,80 Mittel 9,53	12	349,00	0,983	Max. 80,00 Min. 46,20 Mittel 61,32	6	
f)	61,25	0,875	Max. 11.40 Min. 6,00 Mittel 8,00	12	318,00	0,896	Max. 55,20 Min. 36,20 Mittel 45,08	6	

Gips No. 3I. Simon Walser, München.

Proben	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Druckfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Bemerkungen
5 Tage alt	87,30	1,247	Max. 8,87 Min. 6,80 Mittel 7,72	6	490,03	1,380	Max. 26,20 Min. 22,20 Mittel 24,70	6	
14 Tage alt	77,30	1,104	Max. 18,10 Min. 17,15 Mittel 17,70	6	448,30	1,263	Max. 57,17 Min. 32,00 Mittel 36,56	6	
28 Tage alt	77,00	1,100	Max. 18,22 Min. 17,70 Mittel 17,95	6	384,00	1,082	Max. 59,19 Min. 37,60 Mittel 49,63	6	Druckkörper noch feucht
90 Tage alt a)	84,33	1,205	Max. 25,40 Min. 18,00 Mittel 22,47	12	431,00	1,214	Max. 138,80 Min. 113,20 Mittel 128,48	6	
b)	81,66	1,167	Max. 20,90 Min. 14,42 Mittel 17,75	12	409,00	1,152	Max. 133,20 Min. 103,40 Mittel 115,40	6	
c)	76,66	1,095	Max. 19,00 Min. 14,65 Mittel 15,91	12	393,50	1,108	Max. 94,20 Min. 73,40 Mittel 86,20	6	
d)	74,63	1,066	Max. 15,60 Min. 10,65 Mittel 14,00	12	379,00	1,068	Max. 84,20 Min. 63,00 Mittel 74,44	6	
e)	67,33	0,962	Max. 14,80 Min. 9,80 Mittel 13,05	12	363,30	1,023	Max. 85,20 Min. 62,00 Mittel 66,92	6	
f)	62,10	0,887	Max. 11,65 Min. 8,25 Mittel 10,13	12	320,00	0,901	Max. 63,40 Min. 30,20 Mittel 42,57	6	

Gips No. 3 II (extrafein). Simon Walser, München.

Proben	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pro qcm	Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Druckfestigkeit kg pro qcm	Anzahl der Versuche	Bemerkungen
5 Tage alt	90,00	1,286	Max. 11,10 Min. 8,92 Mittel 9,81	6	503,30	1,418	Max. 30,00 Min. 19,40 Mittel 23,13	6	
14 Tage alt	77,30	1,104	Max. 22,70 Min. 18,05 Mittel 19,52	6	430,30	1,212	Max. 28,40 Min. 21,00 Mittel 25,93	6	
20 Tage alt	74,08	1,058	Max. 20,05 Min. 17,52 Mittel 19,68	6	388,00	1,093	Max. 60,00 Min. 57,00 Mittel 60,87	6	Druckkörper noch feucht.
90 Tage alt a)	86,25	1,232	Max. 25,35 Min. 18,27 Mittel 22,03	5	423,50	1,193	Max. 156,20 Min. 108,60 Mittel 127,60	4	
b)	80,05	1,144	Max. 22,23 Min. 17,87 Mittel 20,32	5	412,50	1,162	Max. 129,04 Min. 84,20 Mittel 108,96	6	
c)	76,82	1,097	Max. 21,10 Min. 18,50 Mittel 19,74	11	388,75	1,095	Max. 116,89 Min. 88,00 Mittel 104,20	6	
d)	73,33	1,048	Max. 19,60 Min. 12,30 Mittel 16,57	12	367,00	1,034	Max. 87,20 Min. 82,60 Mittel 85,35	6	
e)	67,00	0,957	Max 14,10 Min. 9,55 Mittel 12,04	12	342,60	0,965	Max. 74,60 Min. 62,26 Mittel 71,20	6	
f)	60,20	0,860	Max. 12,20 Min. 7,75 Mittel 9,97	12	319,00	0,899	Max. 63,80 Min. 42,20 Mittel 53,79	7	

Gips No. 4. Simon Walser, München.

Proben	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pro qcm	Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Druckfestigkeit kg pro qcm	Anzahl der Versuche	Bemerkungen
6 Tage alt	95,33	1,362	Max. 12,50 Min. 10,75 Mittel 11,37	6	455,33	1,283	Max. 33,60 Min. 26,20 Mittel 29,00	6	
14 Tage alt	82,70	1,181	Max. 23,90 Min. 18,70 Mittel 20,77	6	437,33	1,232	Max. 44,20 Min. 32,60 Mittel 39,60	6	
28 Tage alt	82,50	1,179	Max. 24,80 Min. 20,00 Mittel 21,70	6	405,50	1,142	Max. 78,20 Min. 50,20 Mittel 68,14	6	
90 Tage alt a)	89,00	1,271	Max. 23,00 Min. 22,70 Mittel 23,70	12	449,40	1,266	Max. 144,20 Min. 122,00 Mittel 129,58	6	
b)	82,33	1,176	Max. 22,30 Min. 19,30 Mittel 21,80	12	426,67	1,200	Max. 120,00 Min. 82,00 Mittel 101,83	7	
c)	78,00	1,114	Max. 20,00 Min. 16,40 Mittel 18,30	12	413,00	1,163	Max. 86,80 Min. 62,00 Mittel 81,28	6	
d)	76,67	1,095	Max. 19,20 Min. 17,00 Mittel 17,70	12	387,00	1,090	Max. 78,20 Min. 59,60 Mittel 67,20	6	
e)	73,67	1,052	Max. 17,70 Min. 13,60 Mittel 15,70	12	357,30	1,006	Max. 56,80 Min. 49,00 Mittel 53,04	6	
f)	70,00	1,00	Max. 14,50 Min. 10,60 Mittel 13,20	12	343,23	0,967	Max. 64,00 Min 34,40 Mittel 49,30	6	
g)	59,58	0,851	Max. 12,05 Min. 7,30 Mittel 9,54	12					

Gips No. 5 Simon Walser, München.

Proben	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pro qcm	Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Drufestigkeit kg pro qcm	Anzahl der Versuche	Bemerkungen
5 Tage alt	95,70	1,367	Max. 8,48 Min. 8,25 Mittel 8,37	6	493,30	1,389	Max. 42,60 Min. 19,6 Mittel 27,3	6	
14 Tage alt	75,70	1,081	Max. 15,75 Min. 10,85 Mittel 11,25	6	429,30	1,068	Max. 51,20 Min. 24 20 Mittel 34,60	6	
21 Tage alt	65,67	0,938	Max. 16,20 Min. 11,85 Mittel 12,95	6	388,50	1,094	Max. 55,20 Min. 53,85 Mittel 54,60	6	Druckkörper noch feucht
90 Tage alt a)	90,25	1,289	Max. 27,30 Min. 17,90 Mittel 22,75	12	457,50	1,289	Max. 144,20 Min. 102,00 Mittel 130,05	6	
b)	86,05	1,229	Max. 21,50 Min. 15,10 Mittel 19,60	12	443,00	1 248	Max. 131,60 Min. 91,40 Mittel 119,72	6	
c)	81,45	1,164	Max. 21,50 Min. 14,10 Mittel 18,40	12	435,00	1,225	Max. 127,00 Min. 94,40 Mittel 109,48	6	
d)	79,55	1,136	Max. 19,20 Min. 12,10 Mittel 16,43	12	411,40	1,157	Max. 100,00 Min. 74,80 Mittel 83,48	6	
e)	76,66	1,095	Max. 17,50 Min. 7,70 Mittel 13,69	12	385,00	1,085	Max. 74,00 Min. 60,00 Mittel 65,24	6	

Stuckgips aus Crailsheim.

Proben	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pro qcm	Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Druckfestigkeit kg pro qcm	Anzahl der Versuche	Bemerkungen
4 Tage alt	94,00	1,343	Max. 11,25 Min. 9,45 Mittel 10,27	3	519,00	1,462	Max. 34,20 Min. 25,00 Mittel 29,20	6	
14 Tage alt	82,17	1,173	Max. 19,65 Min. 14,75 Mittel 15,45	6	470,70	1,325	Max. 33,00 Min. 30,00 Mittel 31,54	6	
28 Tage alt	81,70	1,167	Max. 20,35 Min. 16,65 Mittel 18,83	6	450,62	1,269	Max. 80,20 Min. 65,37 Mi tel 70,72	6	Die Druckkörper waren noch feucht
90 Tage alt a)	86,42	1,235	Max. 23,60 Min. 18,50 Mittel 21,84	12	439,60	1,239	Max 126,00 Min. 94,00 Mittel 113,38	6	
b)	83,16	1 188	Max. 19,85 Min. 16,35 Mittel 18,15	12	412,50	1,162	Max. 120,00 Min. 83,00 Mittel 98,96	6	
c)	79,59	1,137	Max 18,25 Min. 14,70 Mittel 16,28	12	402,40	1,133	Max. 104,00 Min. 75,80 Mittel 86,92	6	
d)	73,75	1,054	Max. 17,50 Min. 13,23 Mittel 15,02	12	394,50	1,111	Max. 84,00 Min. 70,20 Mittel 76,04	6	
e)	71,25	1,018	Max. 17,00 Min. 11,60 Mittel 14,54	12	350,00	0,986	Max. 59,60 Min. 48,00 Mittel 55,68	6	
f)	65,83	0,940	Max. 12,35 Min. 9,70 Mittel 10,97	12	336,00	0,946	Max. 37,20 Min. 29,40 Mittel 31,56	6	

Stuckgips aus Ellrich.

Proben	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pro qcm	Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Druckfestigkeit kg pro qcm	Anzahl der Versuche	Bemerkungen
4 Tage alt	95,30	1,361	Max. 11,10 Min. 10,30 Mittel 10,73	6	454,70	1,281	Max. 66,00 Min. 50,50 Mittel 58,80	6	
10 Tage alt	87,00	1,243	Max. 25,50 Min. 20,00 Mittel 22,50	6			Max. Min. Mittel		
20 Tage alt	86,70	1,239	Max. 26,00 Min. 22,45 Mittel 24,33	6	414,40	1,151	Max. 102,00 Min. 78,20 Mittel 95,05	6	
90 Tage alt a)	84,50	1,207	Max. 25,35 Min. 18,20 Mittel 22,70	12	440,25	1,240	Max 141,60 Min. 122,80 Mittel 133,90	6	
b)	82,50	1,179	Max. 21,80 Min 15,70 Mittel 18,20	12	427,70	1,205	Max. 126,60 Min. 94,60 Mittel 109,36	6	
c)	79,16	1,131	Max. 20,00 Min. 12,70 Mittel 16,78	12	416,00	1,172	Max. 121,00 Min. 82,00 Mittel 99,12	6	
d)	75,66	1,081	Max. 17,65 Min. 14,00 Mittel 15,76	12	381,70	1,075	Max. 84,00 Min. 60,40 Mittel 70,72	6	
e)	72,50	1,036	Max. 18,90 Min. 12,75 Mittel 15,03	12	358,00	1,001	Max. 70,00 Min. 43,80 Mittel 53,05	6	
f)	59,23	0,846	Max. 11,25 Min. 7,30 Mittel 9,72	12	331,67	0,934	Max. 52,20 Min. 36,40 Mittel 48,30	6	

Stuckgips aus Windsheim.

Proben	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pro qcm	Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Druckfestigkeit kg pro qcm	Anzahl der Versuche	Bemerkungen
5 Tage alt	88,70	1,267	Max. 7,70 Min. 5,60 Mittel 7,00	6	495,00	1,394	Max. 29,60 Min. 21,20 Mittel 26,67	6	
14 Tage alt	76,70	1,096	Max. 18,20 Min. 15,30 Mittel 16,47	6	459,10	1,395	Max. 43,20 Min. 25,60 Mittel 32,67	6	
28 Tage alt	75,70	1,081	Max. 17,75 Min. 16,40 Mittel 17,40	6	405,00	1,141	Max. 46,50 Min. 41,00 Mittel 46,12	4	Druckkörper noch feucht
90 Tage alt a)	90,93	1,299	Max. 27,50 Min. 18,50 Mittel 20,96	12	457,75	1,289	Max. 139,40 Min. 90,00 Mittel 120,68	6	
b)	82,33	1,176	Max. 21,50 Min. 14,50 Mittel 18,03	12	434,60	1,224	Max. 123,40 Min. 78,00 Mittel 99,84	6	
c)	79,58	1,137	Max. 16,00 Min. 11,70 Mittel 14,50	12	416,25	1,172	Max. 88,00 Min. 60,40 Mittel 77,12	6	
d)	78,35	1,114	Max. 16,15 Min. 11,50 Mittel 13,85	12	400,00	1,127	Max. 74,20 Min. 55,00 Mittel 67,16	6	
e)	76,25	1,089	Max. 14,80 Min. 8,30 Mittel 12,44	12	380,00	1,070	Max. 64,20 Min. 45,20 Mittel 56,76	6	
f)	74,16	1,059	Max. 12,31 Min. 6,10 Mittel 8,39	12	356,33	1,004	Max. 64,20 Min. 43,00 Mittel 51,60	6	

Stuckgips aus Kochel.

Proben	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Druckfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Bemerkungen
90 Tage alt a)	82,30	1,161	Max. 25,00 Min. 19,50 Mittel 22,33	12	413,00	1,163	Max. 134,20 Min. 110,09 Mittel 117,30	4	
b)	75,00	1,071	Max. 19,30 Min. 13,42 Mittel 15,73	6	381,46	1,075	Max. 84,00 Min. 77,20 Mittel 82,00	4	
c)	66,67	0 952	Max 11,50 Min. 7,90 Mittel 10,67	5	346,65	0,976	Max. 66,20 Min. 43,25 Mittel 54,37	3	

Stuckgips aus Paris.

Proben	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Druckfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Bemerkungen
90 Tage alt a)	86,00	1,229	Max. 27,50 Min. 17,95 Mittel 22,32	12	443,00	1,248	Max. 140,75 Min. 113,62 Mittel 132,80	6	
b)	82,10	1,173	Max. 21,75 Min. 16,30 Mittel 18,05	6	416,32	1,173	Max. 120,50 Min. 83,67 Mittel 98,43	4	
c)	76,03	1,086	Max. 20,50 Min. 14,15 Mittel 15,37	6	385,02	1,085	Max. 109,42 Min. 82,01 Mittel 85,45	4	
d)	60,57	0,865	Max. 11,30 Min. 7,10 Mittel 9,80	6	319,07	0,899	Max. 59,21 Min. 37,20 Mittel 48,05	3	

Stuckgips von Thiengen.

Proben	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Druckfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Bemerkungen
6 Tage alt	98,00	1,400	Max. 8,52 Min. 6,65 Mittel 7,60	2	451,67	1,272	Max. 36,00 Min. 24,20 Mittel 31,11	3	
14 Tage alt	83,30	1,190	Max. 18,75 Min. 15,75 Mittel 17,00	6	445,30	1,254	Max. 61,17 Min. 32,20 Mittel 45,46	6	
28 Tage alt	82,25	1,175	Max. 20,60 Min. 16,40 Mittel 17,63	6	428,60	1,207	Max. 88,40 Min. 49,20 Mittel 64,70	6	Druckkörper noch feucht
90 Tage alt a)	84,83	1,212	Max. 20,00 Min. 11,55 Mittel 18,85	12	425,33	1,198	Max. 84,63 Min. 50,44 Mittel 73,92	6	
b)	81,25	1,161	Max. 18,40 Min. 14,90 Mittel 15,47	12	418,33	1,179	Max. 72,40 Min. 43,47 Mittel 64,88	6	
c)	75,33	1,076	Max. 13,40 Min. 8,10 Mittel 11,37	12	398,50	1,122	Max. 65,48 Min. 45,20 Mittel 55,44	6	
d)	73,90	1,056	Max. 10,00 Min. 4,50 Mittel 8,792	12	369,00	1,039	Max. 42,80 Min. 24,43 Mittel 34,28	6	
e)	66,67	0,952	Max. 7,40 Min. 3,70 Mittel 4,87	12	350,75	0,988	Max. 30,00 Min. 18,00 Mittel 22,04	6	
f)	60,42	0,863	Max. 5,90 Min. 3,70 Mittel 4,79	12	317,40	0,894	Max. 28,40 Min. 14,65 Mittel 18,64	6	

Nach dem bisher Gesagten sollte die gegenseitige Stellung der Gipssorten in Bezug auf Festigkeit nach ihrer Reinheit sich regulieren, doch findet man beim Durchgehen der Tabellen diese Vermutung nicht bestätigt, sondern es kommt an erster Stelle Alabaster, dann No. 3 II, Ellrich, No. 2, 3, 4, 5, Crailsheim, Windsheim, Thiengen.

Von Kochel und Paris sind die Resultate nicht ganz sichere, es fehlte mir an Material zu ausführlicheren Versuchen, doch scheinen sie zwischen Ellrich und No. 3 I sich einzureihen. Diese Verhältnisse scheinen meinen früheren Angaben, daß mit zunehmender Verunreinigung die Festigkeit sinke, zu widersprechen; bei näherem Eingehen wird man jedoch erkennen, daß einesteils die Mahlfeinheit (s. No. 3 extrafein), anderenteils die Gleichmäßigkeit des Brandes sie sehr beeinflussen müssen. Denn Stuckgips, der mit ganz entwässertem Gips und Rohgips verunreinigt ist, muß notwendig geringere Festigkeit zeigen, als reiner. Der als Verunreinigung enthaltene, vollständig entwässerte Gips würde erst abbinden, nachdem das $^1/_2$ Hydrat bereits erhärtet ist; doch ist häufig dies eine Unmöglichkeit, da die Aufbewahrung von Stuckmörtel möglichst in der Trockenheit geschieht, sodaß also die Masse das mechanisch aufgesogene Wasser rasch verliert, wobei dann der Estrichgips keine zur Hydratation genügende Menge von Wasser vorfindet und auch nicht erhärten kann. (Dagegen schaden Beimengungen von Stuckgips, wenn sie nicht zu groß sind, dem Estrichgips nicht. Estrichmörtel wird längere Zeit feucht gehalten, verliert auch, da dichter, diese Feuchtigkeit durch Verdunstung nur sehr langsam; es wird infolgedessen der Stuckgips mit dem Estrichgips den ganzen Prozeß der Auskristallisation durchmachen, also verschmelzen. Die darüber angestellten Versuche haben diese Auffassung nur bestätigt.) Auf diese Verunreinigungen habe ich denn auch einige Sorten untersucht und zwar nach einer von Le Périn: Académie des Sciences, 3. Sept. 1900, angegebenen Methode. Der Gips wird im Achatmörser fein zerrieben und bei 60° 2 Stunden getrocknet. Man läßt im Exsikkator erkalten, bringt etwa 5 g in eine tarierte Schale, wägt, gießt H_2O zu, erhitzt auf 60°, bis Gewichtskonstanz eintritt und wägt wieder. Man findet dann die Wassermenge a, die sich mit dem Gips verbunden hat. Die aktive Masse, die dem $^1/_2$ Hydrat entsprechende, ist $= 8{,}56\ a$; bezeichnet b das aus dem Glühverlust berechnete Wasser, so ist y der Gehalt an Rohgips, $y = 4{,}8\ b$. Der Prozentsatz an totgebranntem z ist $= 1{,}79\ q$, wobei q die Menge SO_3 ist, welche dem totgebrannten entspricht und zwar ist $p = q - (a + b)$, wenn q die Gesamtmenge an SO_3, a die x und b die y entsprechenbe SO_3 ist. Dabei fand ich bei

	aktive Masse	totgebrannt	Rohgips	
No. 1 . .	96,05 v. H.	0,13 v. H.	3,9 v. H.	
„ 2 . .	94,5 „	0,0 „	4,4 „	
„ 3 II .	95,2 „	0,5 „	3,25 „	, dagegen
Windsheim	72,5 „	18,3 „	8,15 „	
Paris . .	87,2 „	3,9 „	7,5 „	

Diese Zahlen sind für die Beurteilung der vorliegenden Unregelmäßigkeiten von großem Wert; man sieht, daß derjenige Gips, der am feinsten gemahlen war, beinahe durchaus $^1/_2$ Hydrat wurde, während der von Windsheim mit der geringsten Feinung einen sehr ungleichmäßigen Brand aufweist. (Ich nehme hier an, daß vor dem Brennen gemahlen wird, wie ich mich davon bei der Firma Simon Walser in München überzeugen konnte.) Daraus folgt, daß für Stuckgips ein fein gemahlener Rohstein von hauptsächlichstem Wert ist, wobei beim Brennen ein Hauptaugenmerk auf gutes Durchrühren der Masse zu richten ist. Leider konnte

ich nicht feststellen, ob die Probe aus Windsheim nicht von einem Rohstein stammte, der viel Anhydrit enthielt; in diesem Falle hätte auch das vorsichtigste Entwässern die Resultate nicht verbessert. Später erst erhielt ich einen Rohstein von Windsheim, der keinen Anhydrit enthalten konnte (s. die Analyse). Zwar ist dies nicht maßgebend, da häufig Adern oder kleinere Gänge von Anhydrit den Gips durchsetzen.

Einfluß von Feuchtigkeit auf Gipsmörtel.

Alter, Tage	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pr. qcm		Anzahl der Versuche
			Max.	10,04	
6	107,33	1,533	Min.	8,30	6
			Mittel	9,43	
			Max.	9,60	
14	112,70	1,610	Min.	8,30	6
			Mittel	8,97	
			Max.	9,00	
28	115,00	1,643	Min.	8,10	6
			Mittel	8,32	

Einfluß von Wärme auf Gipsmörtel.

Alter, Tage	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pr. qcm
	82,00	1,171	21,70
	86,50	1,236	19,60
	77,00	1,100	10,90
	80,00	1,143	9,40
	75,00	1,071	5,70
	77,00	1,100	6,80
	74,00	1,057	6 17
	80,00	1,143	16,15
	78,00	1,114	11,18
	77,00	1,110	12,85
	80,00	1,143	12,80
	78,00	1,114	20,95
	80,00	1,143	21,85
	76,00	1,086	12,25
	77 00	1,100	11,60
	78,00	1,114	10,50
	74,00	1,071	8,75
	76,00	1,086	5,90
	77,00	1,100	15,90
	77,00	1,100	11,65
	75,00	1,071	16,05
Mittel	77,83	1,112	12,83

Aus den Tabellen ist zu bemerken, daß eine Zunahme der Festigkeit von dem Moment an, wo die Stuckmörtel lufttrocken geworden sind, nicht mehr eintritt. Das Wasser, das mechanisch beigemengt war, setzt den gelösten Gips ab, wenn es verdunstet, und erhöht damit die Festigkeit. Am vorteilhaftesten dürfte das langsame Trocknen in bewegter Luft für Stuckmörtel sein; jedes schnelle Erwärmen scheint der Haltbarkeit nachteilig. Ich verweise hier auf die Tabellen. Zu diesen Versuchen wurde Gips No. 4 nach dem Abbinden in dem Luftbad auf 60° erwärmt. Man sieht starke Schwankungen in der Festigkeit zwischen 5,7 und 21,85 kg pro qcm, und die Durchschnittsfestigkeit von 12,83 bei 1,112 Dichte weist einen bedeutend kleineren Wert auf gegenüber den 18,30 der Seite 25.





Einfluß der Kälte auf Gipsmörtel.

Alter 150 Tage	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Druckfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Bemerkungen
No. II	81,67	1,167	Max. 18,20 Min. 14,50 Mittel 17,72	6	427,50	1,204	Max. 148,20 Min. 116,00 Mittel 127,14	7	
IV	76,67	1,095	Max. 18,90 Min. 15,45 Mittel 17,40	6	399,33	1,125	Max. 102,00 Min. 76,00 Mittel 84,08	6	
V	93,33	1,333	Max. 25,20 Min. 20,20 Mittel 23,38	6	455,33	1,283	Max. 146,20 Min. 108,60 Mittel 132,30	6	
Ellrich Stuck	88,33	1,262	Max. 25,30 Min. 21,00 Mittel 22,63	6	420,00	1,183	Max. 117,20 Min. 101,40 Mittel 107,54	6	
Thiengen	86,67	1,238	Max. 17,75 Min. 14,80 Mittel 16,67	6	410,50	1,156	Max. 79,00 Min. 60,60 Mittel 69,00	6	
Ellrich Estrich	128,70	1,839	Max. 46,70 Min. 24,30 Mittel 33,25	6	647,00	1,822	Max. 163,00 Min. 115,60 Mittel 134,67	6	

Wie nicht anders zu erwarten, ist Feuchtigkeit auf Stuckmörtel von sehr nachteiliger Wirkung; es wurden dazu bereits erhärtete Probestücke von Gips No. 4, die die Zugfestigkeit 21,80 im Mittel bei einer Dichte von 1,176 zeigen, im Vakuum über Wasser gebracht. Die Festigkeit sank mit der Wasserzunahme stetig bis zum Minimum von 8,32. Es wäre zu erwarten, das Gefrieren und Wiederauftauen sei dem Stuckgips sehr schädlich, da die Porosität eine sehr große; dem widersprechen jedoch meine Versuche. Die Probestücke waren von Anfang November bis Ende März auf einer Plattform aufbewahrt worden und lagen die meiste Zeit über im Schnee; die Temperatur war häufig 15° unter 0, aber sie erlitten keine erhebliche Einbuße. Anders, wenn während des Abbindens der Gips in tiefe Temperaturen gebracht wurde: daraus erhaltener Mörtel war häufig bröckelig geworden. Estrichgips zeigt seiner Natur nach ganz anderes Verhalten, manchmal dem des Stuckgipses entgegengesetzt. Man vergleiche die in der Tabelle aufgeführten Versuche. Die unter gewöhnlichen Verhältnissen aufbewahrten Stücke erlangten kaum, trotz großer Dichte, die Festigkeit eines Stuckmörtels; ein Verbringen in feuchten Sand, am besten in evakuierte Räume über Wasser erhöht diese um das Doppelte bis Dreifache. Wichtig hierfür ist, daß Estrichgips durch starkes Pressen sich noch beträchtlich fester gestalten läßt; näher auf dieses einzugehen, verbietet mir die Rücksicht auf eine patentliche Verwertung. Diesen Eigenschaften entsprechend, ist Estrichgips gegen Wasserverlust

vor der vollständigen Erhärtung sehr empfindlich. In der Technik überzieht man ihn daher mit einer dichteren Schicht durch das sogen. Schlagen und vermeidet, ihn in die Nähe hygroskopischer Körper, wie Holz, Kalkmörtel usw. zu verbringen. Leider konnte ich aus Mangel an Material nur bei einer einzigen Estrichgipssorte die Festigkeitsprüfungen ausführen; zweifellos wäre es von Bedeutung gewesen, zu beobachten, in welchem Maße mit der Zunahme der reduzierten Beimengungen CaO und CaS die Eigenschaften sich verschlechtern. Daß sie dies tun, konnte ich aus Versuchen ersehen, zu denen ich selbst gebrannten und stark reduzierten Estrichgips verwendete, der einesteils nachheriges Treiben, andernteils rascheres, aber geringeres Erhärten zeigte. Die Atmosphärilien sind auf Estrichmörtel so gut wie ohne Einfluß; seine Löslichkeit ist — und ebenso seine Veränderung durch Kälte — vermöge seiner geringen Porosität eine minimale. Sogar Gefrieren während des Abbindens schadet seiner Haltbarkeit nicht.

Estrichgips von Ellrich.

	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Druckfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche
a) Formen 90 Tage in der Luft aufbewahrt	118,80	1,697	Max. 19,45 Min. 11,65 Mittel 17,40	9	642,00	1,808	Max. 118,00 Min. 61,60 Mittel 101,73	6
b) Formen 90 Tage in feuchtem Sand gelagert	130,00	1,857	Max. 48,00 Min. 26,70 Mittel 37,80	13	650,10	1,831	Max. 182,20 Min. 126,00 Mittel 142,50	6
c) Formen 60 Tage im luftverdünnten Raum über Wasser	138,00	1,971	Max. 51,00 Min. 39,40 Mittel 46,28	12	666,00	1,876	Max. 229,03 Min. 207,45 Mittel 219,30	6
d) gepreßt und 90 Tage im luftverdünnten Raum über Wasser	147,70	2,110	Max. 59,21 Min. 48,36 Mittel 58,32	12	741,20	2,088	Max. 320,73 Min. 290,73 Mittel 303,29	6
Proben 7 Tage in der Luft aufbewahrt	123,00	1,757	Max. 13,35 Min. 6,75 Mittel 10,60	4				
Desgleichen 14 Tage	118,00	1,686	Max. 16,30 Min 9,95 Mittel 14,85	3				
Desgleichen 28 Tage	116,25	1,661	Max. 17,80 Min. 17,00 Mittel 17,45	4				

Gips - Kalk - Mörtel.

Mischungen	Alter Tage	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pr. qcm		Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Druckfestigkeit kg pr. qcm		Anzahl der Versuche	Abbindezeit Min.	Gießzeit Min.	Streichzeit Min.	Ende des Abbindens Min.	Abbindetemperatur Grad
50 v. H. CaO, 50 v. H. $CaSO_4$				Max.	2,29				Max.	8,00						
	6	56,50	0,807	Min.	2,02	6	378,00	1,065	Min.	8,00	6	10	13	16	30	5
				Mittel	2,10				Mittel	8,00						
				Max.	3,70				Max.	10,50						
	14	50,00	0,714	Min.	2,96	6	370,00	1,042	Min.	8,00	6					
				Mittel	3,40				Mittel	8,35						
				Max.	4,78				Max.	11,70						
	21	59,50	0,779	Min.	4,15	6	353,00	0,994	Min.	8,40	6					
				Mittel	4,50				Mittel	8,86						
				Max.	7,75				Max.	17,00						
	150	54,50	0,779	Min.	4,60	6	336,60	0,948	Min.	9,00	6					
				Mittel	5,25				Mittel	10,40						
33,3 v. H. CaO, 66,7 v. H. $CaSO_4$				Max.	3,80				Max.	10,00						
	5	77,00	1,100	Min.	3,40	6	463,20	1,305	Min.	9,60	6	9	11	14	27	9
				Mittel	3,57				Mittel	9,67						
				Max.	9,00				Max.	10,50						
	14	64,70	0,924	Min.	6,40	6	450,10	1,268	Min.	9,80	6					
				Mittel	7,43				Mittel	9,95						
				Max.	9,70				Max.	16,40						
	28	63,65	0,909	Min.	7,40	6	429,00	1,209	Min.	12,00	6					
				Mittel	8,30				Mittel	14,00						
				Max.	10,15				Max.	24,00						
	150	66,17	0,945	Min.	8,00	6	380,4	1,072	Min.	14,00	6					
				Mittel	9,30				Mittel	16,86						
25 v. H. CaO, 75 v. H. $CaSO_4$				Max.	5,95				Max.	14,60						
	5	76,10	1,087	Min.	3,50	6	459,67	1,295	Min.	9,85	6	8	10	$11^1/_2$	26	11,5
				Mittel	5,25				Mittel	11,36						
				Max.	9,50				Max.	17,80						
	14	69,90	0,999	Min.	5,25	6	434,00	1,223	Min.	11,00	6					
				Mittel	7,22				Mittel	13,77						
				Max.	12,00				Max.	28,00						
	28	68,50	0,979	Min.	10,30	6	413,00	1,163	Min.	20,00	6					
				Mittel	11,10				Mittel	24,10						
				Max.	14,40				Max.	42,20						
	150	68,25	0,975	Min.	11,80	6	386,75	1,090	Min.	27,00	6					
				Mittel	12,88				Mittel	38,05						

Gips-Kalk-Mörtel.

Alter Tage	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Druckfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Abbindezeit Min.	Gießzeit Min.	Streichzeit Min.	Ende des Abbindens Min.	Abbindetemperatur Grad
6	88,33	1,262	Max. 9,07 Min. 5,40 Mittel 6,47	6	472,10	1,330	Max. 22,10 Min. 19,50 Mittel 20,00	6	7	9	$11^1/_2$	25	12,5
14	71,2	1,017	Max. 9,80 Min. 8,40 Mittel 9,25	6	456,30	1,285	Max. 25,20 Min. 19,70 Mittel 21,30	6					
20	71,3	1,019	Max. 12,00 Min. 9,10 Mittel 10,70	6	423,00	1,192	Max. 48,20 Min. 24,00 Mittel 34,70	6					
150	70,25	1,003	Max. 13,40 Min. 9,35 Mittel 11,57	6	382,50	1,077	Max. 67,67 Min. 37,30 Mittel 48,57	6					
6	81,25	1,161	Max. 8,20 Min. 5,95 Mittel 6,67	6	465,72	1,312	Max. 28,10 Min. 19,20 Mittel 21,57	6	6	8	10	25	14
14	68,00	0,971	Max. 11,90 Min. 8,60 Mittel 9,80	6	451,00	1,270	Max. 32,70 Min. 21,10 Mittel 27,05	6					
20	68,00	0,971	Max. 14,10 Min. 11,70 Mittel 12,47	6	436,33	1,227	Max. 42,00 Min. 32,00 Mittel 36,40	6					
150	70,00	1,000	Max. 16,40 Min. 12,60 Mittel 14,53	6	387,00	1,090	Max. 85,40 Min. 48,00 Mittel 61,60	6					
6	78,33	1,119	Max. 11,05 Min. 7,80 Mittel 8,72	6	469,40	1,322	Max. 29,50 Min. 18,70 Mittel 22,00	6	6	7	10	25	18
14	72,30	1,033	Max. 15,35 Min. 11,06 Mittel 13,08	6	452,30	1,274	Max. 34,00 Min. 20,50 Mittel 27,77	6					
28	72,00	1,029	Max. 14,90 Min. 14,10 Mittel 14.63	6	438,67	1,230	Max. 44,60 Min. 32,00 Mittel 36,45	6					
150	72,00	1,029	Max. 15,85 Min. 15,09 Mittel 15,68	6	390,50	1,100	Max. 66,00 Min. 61,30 Mittel 63,80						

Gips - Kalk - Mörtel.

Mischungen	Alter Tage	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pr. qcm		Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Druckfestigkeit kg pr. qcm		Anzahl der Versuche	Abbindezeit Min.	Gießzeit Min.	Streichzeit Min	Ende des Abbindens Min	Abbindetemperatur Grad
2 v. H. CaO, 98 v. H. $CaSO_4$				Max.	10,45				Max.	29,00						
	6	83,67	1,195	Min.	8,56	6	436,83	1,203	Min.	22,20	6	5	6	10	22	18,[illegible]
				Mittel	10,04				Mittel	27,33						
				Max.	14,30				Max.	40,60						
	14	76,00	1,086	Min.	12,20	6	415,77	1,171	Min.	31,90	6					
				Mittel	13,60				Mittel	34,55						
				Max.	17,90				Max.	54,30						
	28	75,17	1,074	Min.	13,60	6	410,00	1,155	Min.	33,00	6					
				Mittel	16,17				Mittel	39,05						
				Max.	18,60				Max.	81,50						
	150	75,15	1,074	Min.	14,30	6	389,10	1,096	Min.	42,00	6					
				Mittel	16,60				Mittel	65,74						
1 v. H. CaO, 99 v. H. $CaSO_4$				Max.	10,70				Max.	30,60						
	6	88,67	12,67	Min.	9,90	6	497,00	1,400	Min.	29,50	6	4	5	9,5	22	19,[illegible]
				Mittel	10,10				Mittel	29,97						
				Max.	11,10				Max.	45,30						
	14	78,00	1,143	Min.	9,40	6	470,15	1,325	Min.	36,70	6					
				Mittel	10,50				Mittel	39,00						
				Max.	18,80				Max.	60,70						
	28	76,50	1,093	Min.	15,35	6	452,00	1,273	Min.	37,00	6					
				Mittel	16,95				Mittel	49,30						
				Max.	20,25				Max.	80,00						
	150	75,67	1,081	Min.	15,20	6	413,50	1,165	Min.	63,60	6					
				Mittel	18,38				Mittel	79,66						

Gips - Sand - Mörtel.

Mischungen	Alter Tage	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Druckfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Bemerkungen
80 v. H. Sand, 20 v. H. $CaSO_4$	5	125,67	17,95	Max. 8,80 Min. 5,65 Mittel 6,08	6	620,33	1,747	Max. 7,50 Min. 2,30 Mittel 3,67	6	
	14	123,50	1,764	Max. 11,75 Min. 6,85 Mittel 9,00	6	601,65	1,659	Max. 8,40 Min. 4,00 Mittel 4,66	6	
	28	123,50	1,764	Max. 11,90 Min. 10,30 Mittel 10,76	6	583,70	1,640	Max. 10,00 Min. 4,00 Mittel 6,53	6	
	150	124,33	1,776	Max. 13,00 Min. 10,20 Mittel 10,85	9	573,33	1,615	Max. 16,60 Min. 13,40 Mittel 14,80	6	
75 v. H. Sand, 25 v. H. $CaSO_4$	5	116,50	1,664	Max. 7,70 Min. 4.10 Mittel 5,33	6	605,00	1,704	Max. 8,10 Min. 4,35 Mittel 5,09	6	
	14	110,50	1,579	Max. 8,80 Min. 8,15 Mittel 8,57	6	589,33	1,660	Max. 12,00 Min. 6,50 Mittel 8,33	6	
	28	113,70	1,624	Max. 11,20 Min. 8,90 Mittel 10,04	6	577,67	1,627	Max. 24,00 Min. 11,20 Mittel 14,51	6	
	150	113,50	1,621	Max. 13,40 Min. 8,90 Mittel 11,43	6	544,00	1,532	Max. 29,00 Min. 17,20 Mittel 23,60	6	
66,6 v. H Sand, 33,4 v. H $CaSO_4$	5	120,70	1,724	Max. 4,75 Min. 4,40 Mittel 4,52	6	623,00	1,755	Max. 9,30 Min. 5.00 Mittel 6,16	6	
	14	105,30	1,647	Max. 15,10 Min. 10,90 Mittel 12,60	6	601,27	1,695	Max. 12 60 Min. 8,90 Mittel 10,16	6	
	28	114,33	1,633	Max. 12,80 Min. 11,50 Mittel 12,03	6	586,70	1,629	Max. 18,00 Min. 12,20 Mittel 15,35	6	
	150	111,75	1,596	Max. 15,40 Min. 12,75 Mittel 14,15	8	535,00	1,507	Max. 47,60 Min. 24,00 Mittel 31,30	6	

Gips - Sand - Mörtel.

Mischungen	Alter Tage	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Druckfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Bemerkungen
50 v. H. Sand, 50 v. H. $CaSO_4$	6	108,00	1,548	Max. 11,20 Min. 7,40 Mittel 10,23	7	610,00	1,718	Max. 14,60 Min. 7,00 Mittel 9,11	5	
	14	106,70	1,524	Max. 15,02 Min. 11,70 Mittel 13,40	6	595,25	1,676	Max. 19,90 Min. 14,00 Mittel 18,52	5	
	28	112,70	1,610	Max. 25,80 Min. 19,30 Mittel 22,07	6	574,30	1,618	Max. 52,40 Min. 39,00 Mittel 47,80	6	
	150	112,40	1,606	Max. 28,55 Min. 20,70 Mittel 23,54	8	556,70	1,568	Max. 63,00 Min. 40,00 Mittel 49,60	8	
33,4 v. H. Sand, 66,6 v. H. $CaSO_4$	5	102,30	1,461	Max. 13,20 Min. 8,95 Mittel 11,02	6	480,06	1,352	Max. 18,50 Min. 17,10 Mittel 17,95	6	
	14	98,17	1,402	Max. 20,75 Min. 12,30 Mittel 16,63	6	458,00	1,261	Max. 33,70 Min. 25,00 Mittel 27,93	6	
	28	102,00	1,457	Max. 22,10 Min. 17,90 Mittel 19,97	6	439,30	1,237	Max. 40,60 Min. 30,20 Mittel 35,80	6	
	150	103,69	1,481	Max. 26,00 Min. 21,37 Mittel 23,59	8	442,50	1,246	Max. 98,00 Min. 42,80 Mittel 65,20	7	
25 v. H. Sand, 75 v. H. $CaSO_4$	5	99,00	1,414	Max. 11,00 Min. 10,10 Mittel 10,63	6	465,26	1,310	Max. 21,30 Min. 17,00 Mittel 20,13	6	
	14	94,00	1,343	Max. 21,00 Min. 16,75 Mittel 18,75	6	441,00	1,242	Max. 34,00 Min. 23,60 Mittel 28,75	6	
	28	88,90	1,270	Max. 21,15 Min. 17,70 Mittel 19,42	6	427,70	1,205	Max. 50,20 Min. 41,20 Mittel 37,14	6	
	150	93,50	1,336	Max. 23,60 Min. 21,30 Mittel 22,88	6	434,50	1,224	Max. 85,60 Min. 53,00 Mittel 70,88	10	

Gips-Sand-Mörtel.

Mischungen	Alter Tage	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Druckfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Bemerkungen
20 v. H. Sand, 80 v. H. $CaSO_4$	5	97,70	1,396	Max. 11,07 Min. 8,75 Mittel 10,02	12	480,00	1,352	Max. 24,00 Min. 17,30 Mittel 20,92	6	
	14	90,17	1,288	Max. 24,40 Min. 15,00 Mittel 18,57	12	451,67	1,272	Max. 31,90 Min. 27,70 Mittel 30,53	6	
	28	92,00	1,314	Max. 23,70 Min. 19,00 Mittel 20,22	12	433,00	1,220	Max. 54,40 Min. 36,40 Mittel 45,93	6	
	150	92,00	1,314	Max. 23,80 Min. 21,60 Mittel 22,55	12	427,83	1,205	Max. 82,60 Min. 59,60 Mittel 73,26	6	
10 v. H. Sand, 90 v. H. $CaSO_4$	5	91,30	1,304	Max. 10,95 Min. 9,00 Mittel 10,10	6	450,25	1,268	Max. 21,50 Min. 18,80 Mittel 21,04	6	
	14	85,60	1,223	Max. 22,20 Min. 16,40 Mittel 20,25	6	430,63	1,213	Max. 39,50 Min. 22,00 Mittel 29,55	6	
	28	88,08	1,258	Max. 22,65 Min. 21,50 Mittel 22,13	6	413,70	1,165	Max. 60,60 Min. 43,00 Mittel 51,33	6	
	150	88,33	1,262	Max. 23,70 Min. 22,20 Mittel 22,85	6	405,50	1,142	Max. 83,40 Min. 63,20 Mittel 74,64	10	

Gips-Sand- und Kalkmischungen.

I. Hohenwarter Mörtel.

Zusammensetzung	Alter Tage	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pr. qcm		Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Druckfestigkeit kg pr. qcm		Anzahl der Versuche	Bemerkungen
9 Teile Gips, 8 Teile Kalk, 70 Teile Sand	6	104,00	1,486	Max.	3,80	12	518,15	1,460	Max.	7,50	10	
				Min.	2,50				Min.	4,44		
				Mittel	3,55				Mittel	5,33		
	14	106,70	1,524	Max.	5,20	12	510,27	1,438	Max.	9,60	10	
				Min.	3,80				Min.	6,00		
				Mittel	4,43				Mittel	7,80		
	28	102,10	1,457	Max.	6,60	12	492,30	1,387	Max.	14,50	10	
				Min.	6,10				Min.	13,00		
				Mittel	6,40				Mittel	13,65		
	150	105,00	1,500	Max.	11,70	12	475,67	1,340	Max.	22,00	10	
				Min.	8,30				Min.	20,00		
				Mittel	9,33				Mittel	20,80		

II. Mörtel nach den Angaben des Baugeschäfts Littmann.

Zusammensetzung	Alter Tage	Gewicht der Körper	Dichte	Zugfestigkeit kg pr. qcm		Anzahl der Versuche	Gewicht der Körper	Dichte	Druckfestigkeit kg pr. qcm	Anzahl der Versuche	Bemerkungen
57 Teile Kies, 22 Teile Gips, 6,8 Teile Kalk.	8	102,33	1,462	Max.	7,25	12					
				Min.	5,60						
				Mittel	6,48						
	43	106,25	1,518	Max.	12,20	12					
				Min.	10,20						
				Mittel	11,08						
	110	104,25	1,489	Max.	12,70	12					
				Min.	11,60						
				Mittel	12,15						

Zu Bauzwecken wird Gips beinahe nie rein verwendet; meistens wird er dazu mit Kalk, Sand oder nach dem Rabitz-Verfahren gemischt. Um die Eigenschaften dieser Mischungen klar zu legen, wurde nach den vorstehenden Tabellen Kalkgips, Kalksand, Kalksandgips und der Rabitzmörtel hergestellt, ohne mir jedoch befriedigende Resultate zu geben. (Ich verweise hier auf die durchaus verschiedenen Erfahrungen von Gottgetreu und Landrin.) Wie aus den Tabellen folgt, schadet schon ein geringer Zusatz von Kalk der Festigkeit, und bei Mischungen aus gleichen Teilen Kalk und Gips ist überhaupt kaum mehr von Festigkeit zu reden. Es ist ja sicher, daß diese im Laufe der Verwandlung von CaO zu $CaCO_3$ zunimmt; doch haben die antiken Mörtel bewiesen, daß sie nie der eines reinen Kalkmörtels noch der eines Stuckmörtels gleichkommt. Insofern zeigen sie gute Eigenschaften, als sie wetterbeständiger sind als reiner Stuckgips, langsamer hart werden

(man sieht, die Abbindezeit, Abbindetemperatur, Streichzeit wird mit zunehmendem CaO-Gehalt eine größere) und daher besser verarbeitet werden können; doch als stark beanspruchte Bindemittel sind sie von geringem Wert. Auch die Sandgipsmörtel sind nur mit geringem Prozentsatz von Sand zu empfehlen. Die Beimengung von Sand erniedrigt die Widerstandskraft gegen Biegen, Reißen und Drücken umgekehrt proportional dem Gehalt an diesem inerten Stoff. Bei Verwendung von Sand ist außerdem streng darauf zu achten, daß dieser gut gewaschen, also frei von tonigen, schlammigen Bestandteilen ist. Proben mit Mörtel, der schlechten Sand enthielt, ergaben nach 14 Tagen eine Abnahme der Festigkeit um 3 kg pro qcm und Treiben, beides Erscheinungen bedenklichster Natur. Auch bei dem vorerwähnten Kircheneinsturz war solcher Sand verwendet worden, obwohl der Hauptfehler an der schlechten Zusammensetzung des Mörtels lag. Es ist klar, daß eine Mischung aus 70 Teilen Sand, 8 Teilen Kalk und 9 Teilen Gips keine Festigkeit erlangen kann. Wie aus Seite 42 hervorgeht, ist die Druckfestigkeit dieser Mischung nach einem halben Jahr kaum 21 kg. (Es ist wahrscheinlich, daß bei Herstellung der in der Tabelle angeführten Zugproben die Mischung mit Sand eine unregelmäßige war. Später angestellte Versuche haben als Zugfestigkeit nur 6,10 kg ergeben; auch bei den übrigen Mischungen mit Sand machte sich häufig eine Entmischung unangenehm bemerkbar. Trotz sorgfältigsten Rührens setzte sich gewöhnlich während des Eingießens in die Formen ein Teil des Sandes in diesen oder im Gefäß nieder, so daß nur selten eine homogene Masse erhalten werden konnte.)

Der Mörtel nach den Angaben des Littmann'schen Baugeschäftes in München enthält ebenfalls zu viel Sand, doch ist seine Festigkeit zufriedenstellend, da dieser Mörtel nur zu leichten Zwischenwänden verwendet wird. Zwar von geringer Druckfestigkeit, als Mittel aus meinen Versuchen 21,03 kg, doch von guter Widerstandskraft gegen Zug, Mittel 11,6, Maximum 12,8, Minimum 10,6, ist das von Maurermeister Rabitz in Berlin erfundene Verfahren. Darnach wird auf ein weites Drahtgeflecht, Maschenweite etwa 10 cm, welches an Stangen oder Trägern straff befestigt ist, ein aus Leimwasser, Kuhhaaren, viel Gipspulver, Sand und Kalk bereiteter Brei aufgetragen, der nachher mit Putz überstrichen wird. Diese Rabitzwände sind von ganz vorzüglicher Beschaffenheit; sie besitzen trotz geringer Dicke vollständige Feuersicherheit, leiten Wärme und Schall schlecht und sind in hygienischer Beziehung das geeignetste Material zu Zwischenwänden und Gewölben. Häufig werden sie durch die sog. Gipsdielen vertreten, einem für schnelle Bauweise sehr handlichen Produkt. Leider konnte ich selbst keine Versuche in dieser Hinsicht anstellen; nach Angaben in der Tonindustrie-Zeitung hielten Gipsdielen einen Druck von 4,25 kg pro qcm aus.

Estrichgips wird meistens rein verwendet, manchmal mit geringen Mengen von Ziegelmehl gemengt. Versuche über Mischungen habe ich nicht angestellt, da die bei Stuckgips und den alten Mörteln gemachten Erfahrungen mir genügend erschienen. Wie schon verschiedentlich erwähnt, besitzt Estrichgips die zur Herstellung von starken Fundamenten und Gewölben, vor allem in feuchtem Untergrunde erforderlichen Eigenschaften; zu vielbeanspruchten Fußböden hat er sich vorzüglich bewährt. Hauptsächlich dürfte sich Estrichgips auch bei Eisenkonstruktionen eignen, da er infolge großer Elastizität sich leicht den durch Wärmeeinflüsse entstehenden Verschiebungen anschmiegt und beim Gefrieren nicht rissig wird.

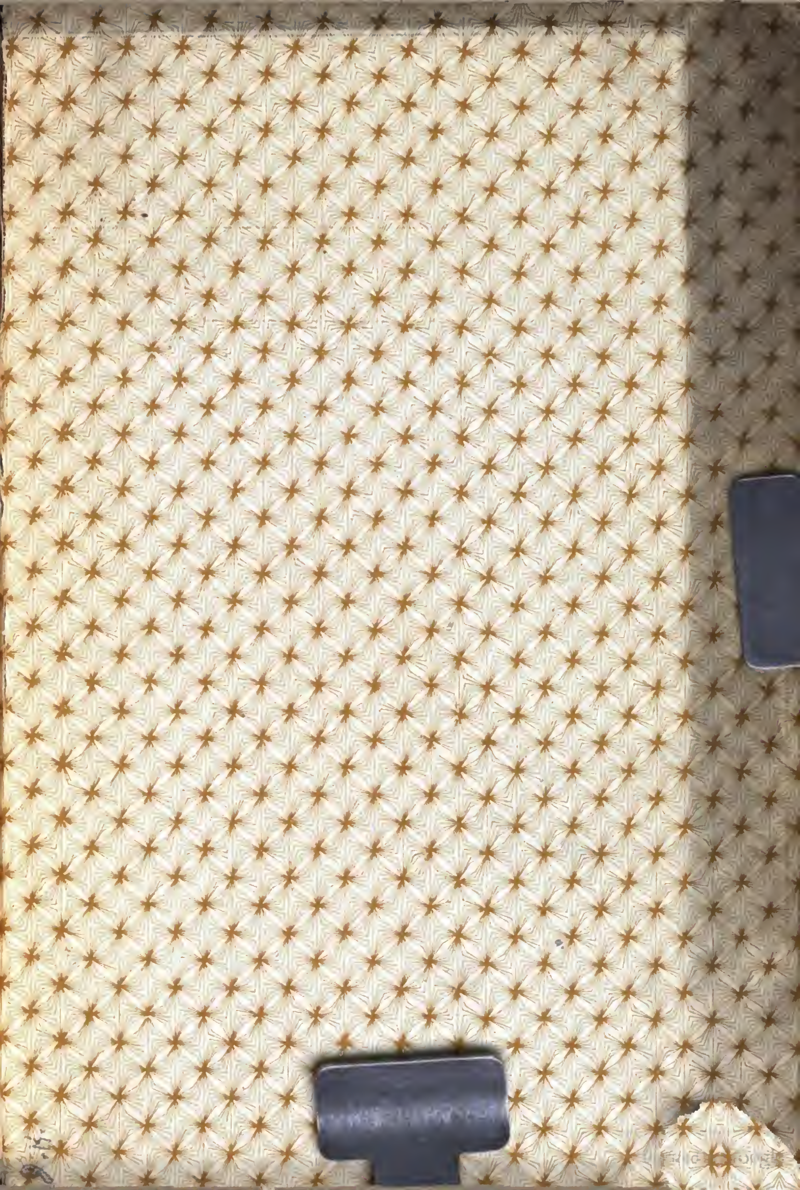
Schlußwort.

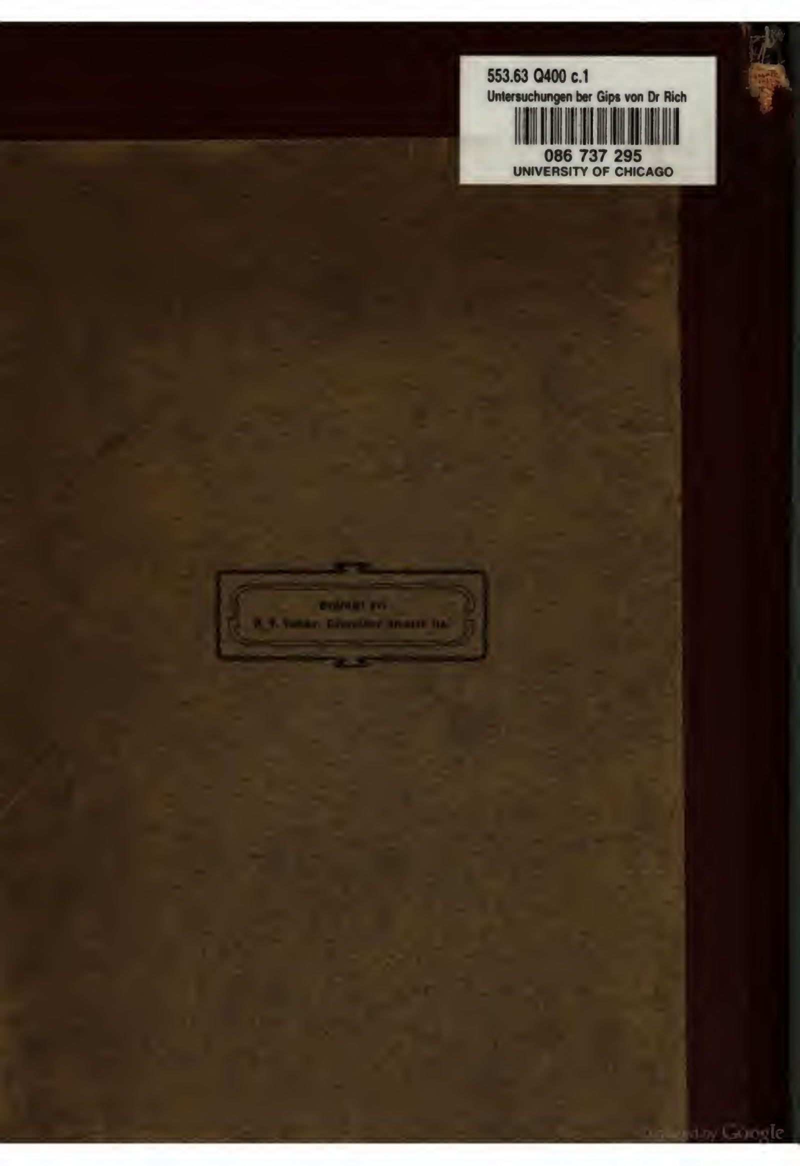
Die Gesichtspunkte, unter denen die Arbeit ausgeführt wurde, bezweckten vor allem eine Klärung der Abbindevorgänge und die Fixierung der die physikalischen Eigenschaften des Materials bestimmenden Faktoren.

Die Resultate sind nun, in gedrängter Zusammenstellung wiederholt, folgende: Die Annahme einer absolut toten Modifikation des künstlich entwässerten Gipses ist unbegründet, jedoch bestehen den verschiedenen Brenntemperaturen entsprechend weit auseinandergehende physikalische Eigenschaften, die für jede Sorte eine charakteristische Verwendung verlangen. Die Beimischung von inertem Material ist unter allen Umständen schädlich, jedoch wirken die Einflüsse der Herstellungstechnik (Mahlfeinheit, Gleichmäßigkeit des Brandes) relativ ebenso sehr auf die Eigenschaften des Endproduktes; dies geht zur Evidenz hervor aus den Analysen und aus mehr als 2500 Festigkeitsversuchen.

Daß die hier auf Grund theoretischer Deduktionen angegebenen technischen Eigenschaften des Gipses schon den Baumeistern des Mittelalters bekannt waren, beweisen die Ausführungen über alte Mörtel. Es ist daher im Interesse einer fortschrittlichen Bautechnik zu beklagen, daß ein so zuverlässiges Baumaterial durch das Verschwinden alter praktischer Erfahrungen in Mißkredit kommen konnte.






553.63 Q400 c.1
Untersuchungen ber Gips von Dr Rich
086 737 295
UNIVERSITY OF CHICAGO